



Уральский
федеральный
университет

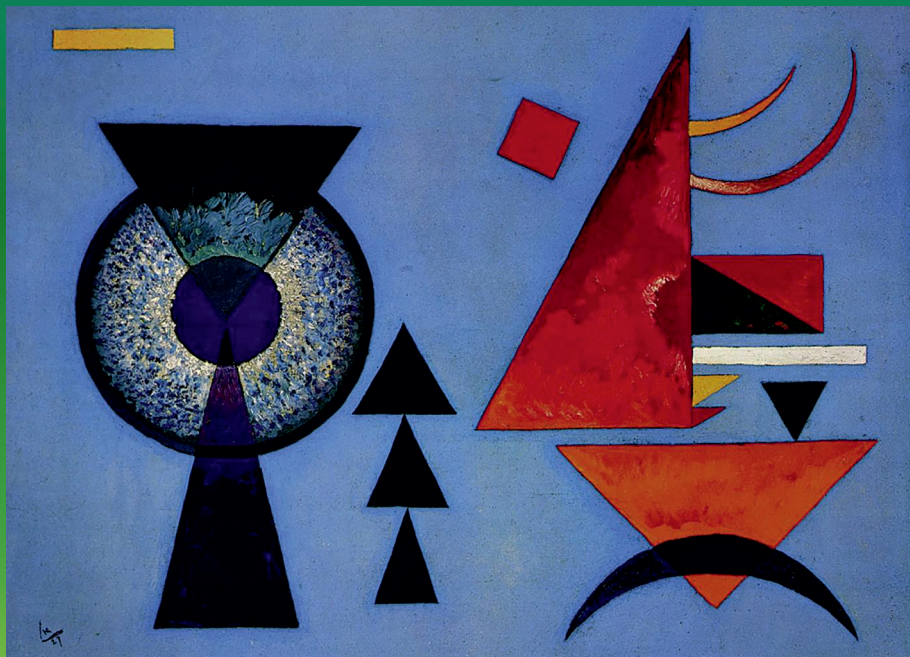
имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

Институт естественных наук
и математики

О. В. ЛОМТАТИДЗЕ
М. В. УЛИТКО
В. И. ЛУПАНДИН

ПСИХОФИЗИКА

Учебно-методическое пособие



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

О. В. Ломтатидзе, М. В. Улитко,
В. И. Лупандин

ПСИХОФИЗИКА

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано
методическим советом Уральского федерального университета
в качестве учебно-методического пособия для студентов вуза,
обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 «Биология»,
по специальностям 30.05.01 «Медицинская биохимия»,
30.05.02 «Медицинская биофизика»

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2019

УДК 159.938(07)
ББК Ю932я7
Л756

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра клинической психологии и педагогики
Уральского государственного медицинского университета
Министерства здравоохранения Российской Федерации
(заведующий кафедрой доктор психологических наук,
профессор *Е. С. Набойченко*);

Е. С. Легостаева, кандидат психологических наук,
доцент кафедры общей психологии и конфликтологии
Уральского государственного педагогического университета

Под общей редакцией *О. В. Ломтатидзе*

Ломтатидзе, О. В.

Л756 Психофизика : учеб.-метод. пособие / О. В. Ломтатидзе,
М. В. Улитко, В. И. Лупандин ; [под общ. ред. О. В. Ломтатид-
зе] ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал.
федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 99 с.
ISBN 978-5-7996-2732-4

Пособие представляет собой изложение основ психофизики – одного из разделов сенсорной физиологии, посвященного проблеме взаимосвязи между объектами, явлениями и событиями окружающего нас физического мира и психическими процессами, отражающими этот мир (субъективным миром ощущений, восприятия, представлений, образов памяти и т. д.). Психофизика находится на стыке естественных и гуманитарных наук.

Для студентов естественно-научных и гуманитарных направлений подготовки.

УДК 159.938(07)
ББК Ю932я7

На обложке:

В. Кандинский. Molle rudesse (Мягкая резкость). 1927

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
В чем сущность психофизической проблемы?	6
Как решалась психофизическая проблема?	10
У истоков психофизики	21
«Классическая» психофизика Фехнера: пороговая проблема и основной психофизический закон	28
«Новая психофизика» С. С. Стивенса. Психофизическое шкалирование	45
Психофизические модели	59
Прикладные аспекты психофизики	66
Заключение	77
Список библиографических ссылок	80
Список рекомендуемой литературы	81
Приложение	83

ВВЕДЕНИЕ

Что такое *психофизика*? Довольно часто приходится сталкиваться с откровенным недоумением: «психо-» и вдруг «физика»!

Известно, что в последние десятилетия сформировалось немало новых научных дисциплин и направлений на стыке так называемых «классических» наук. Это биохимия и биофизика, нейрoхимия и нейрокибернетика, психолингвистика и психосемантика и многое-многое другое. Сами названия уже говорят о том, на стыке каких именно направлений эти науки возникли. Означает ли это, что психофизика – наука, которая возникла на стыке психологии и физики? Нет, это не совсем так! Так называемая *психофизическая проблема* зародилась в недрах философии еще в античные времена, когда ни физики, ни психологии в их теперешнем понимании не существовало. И только в середине XIX столетия эта проблема стала решаться с привлечением достижений физики, математики, экспериментальной психологии и других смежных (а порой и не совсем смежных) научных дисциплин.

Принято считать, что психофизика как самостоятельная наука ведет свое начало с выхода в свет в 1860 г. книги известного немецкого философа, психолога и математика *Густава Теодора Фехнера* (1801–1887) «*Elemente der Psychophysik*» («Элементы психофизики»). В своей книге Фехнер достаточно четко сформулировал цель и задачи новой науки – изучение количественных связей и отношений «между телом и душой», между материальным и идеальным, физическим и психическим. По его собственному признанию, Фехнер пытался найти тот язык, на котором «Душа говорит с Богом» (при этом имелся в виду язык математических формул и уравнений). Огромной заслугой Фехнера было то, что он сформулировал универсальный закон, который связал воедино физическое (свойства окружающего нас материального мира) и психическое (свойства и закономерности субъективного отражения этого мира) [1, с. 23–24].

Как известно, ни одна теория (тем более, ни одна наука) не начинается с нуля – как правило, они основываются на уже существующих теориях и постулатах. Не является исключением и психофизика. Как мы увидим далее, Фехнер не был пионером в этой области. Попытки найти универсальный закон связи между физическим и психическим предпринимались и раньше. Однако чтобы логично и последовательно подойти к этому вопросу, обратимся к самому началу – к истокам психофизической проблемы.

В ЧЕМ СУЩНОСТЬ ПСИХОФИЗИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ?

В философской и психологической литературе, в том числе и в нашей отечественной, существует большая путаница по этому вопросу. Иногда психофизическую проблему называют психофизиологической, иногда – наоборот. Одни авторы отождествляют эти проблемы, другие рассматривают их как разные. Одной из причин такого противоречия является позиция самого Фехнера, который в свое время подразделил психофизику на «внешнюю» (*outer psychophysics*) и «внутреннюю» (*inner psychophysics*). Внешняя психофизика, по мнению Фехнера, призвана заниматься проблемой взаимосвязи между внешним (физическим) миром и его психическим (субъективным) отражением. Внутренняя же психофизика представляет собой то, что мы сегодня называем *психофизиологией*: это наука о связи между психическими процессами и физиологическими (физико-химическими, электрическими и пр.) изменениями, происходящими в организме и сопровождающими (или вызывающими) эти процессы. Отсюда и вытекают две разные проблемы – психофизическая и психофизиологическая.

Оставим в стороне психофизиологическую проблему, поскольку она требует специального обсуждения. Подробно же остановимся на проблеме *психофизической*.

Любой психически здоровый человек (независимо от его мировоззрения, от того, верит ли он в Бога, в бессмертную душу, вселенский разум и пр.) так или иначе выделяет себя (собственное Я) из окружающего мира. Заметьте, кстати, насколько велик наш эгоцентризм! Мы говорим «Я и окружающий (Меня) мир», «Я и внешняя (по отношению ко Мне) среда» и т. д. Другими словами, мы убеждены в том, что окружающий нас внешний мир существует по своим собственным (физическим) законам, в то время как мое собственное Я (т. е. мои чувства, мысли, представления, вообра-

жение, фантазии и пр.) существует как бы само по себе и подчиняется каким-то особым (психическим) законам. Понятие *психофизический* (в частности, психофизическая проблема) как раз и подразумевает взаимосвязь, характер взаимоотношений между объективно существующим (физическим) и субъективным (психическим) миром.

В несколько суженном (но вряд ли можно сказать упрощенном) виде психофизическая проблема – это проблема адекватности субъективного отражения реального мира. Не обманывают ли нас наши органы чувств? Дают ли они «правильное», адекватное представление о мире? Другими словами, соответствует ли наш субъективный образ окружающего мира самому этому миру?

С точки зрения нашего повседневного жизненного опыта мы ощущаем и воспринимаем то, что в окружающем нас мире реально существует (свет, цвет, звуки, запахи, тепло, холод и пр.) и воспринимаем их именно так, как все это существует в действительности. Да и трудно себе представить, что природа наделила нас органами чувств исключительно для того, чтобы они нас обманывали, давали искаженное представление о мире. Любой биолог скажет (и будет абсолютно прав), что живой организм ведет себя адекватно и целесообразно именно потому, что получает адекватную, неискаженную информацию обо всех событиях, явлениях и изменениях в окружающем мире.

Для того чтобы продолжить наши рассуждения, необходимо определить само понятие *адекватности*. В буквальном переводе с латыни слово *adaequatus* означает: «приравненный, равный, тождественный, соответствующий» (чувствуете, сколько нюансов?).

Давайте разберемся, что мы понимаем под адекватностью даже в тех случаях, когда дело касается элементарных ощущений. Допустим, в данный момент времени у нас возникло ощущение красного цвета (если мы, естественно, не страдаем дальтонизмом). Означает ли это, что красный цвет *реально* существует в природе? Что вообще представляет собой красный цвет? Любой физик скажет нам (и опять-таки будет совершенно прав), что мы ощущаем красный цвет лишь в том случае, если воспринимаемый предмет

излучает или отражает в пространство электромагнитные колебания с определенной длиной волны – от 720 до 760 нанометров (напомним при этом, что 1 нанометр (нм) соответствует одной миллионной доле миллиметра). Это электромагнитное излучение активизирует зрительный пигмент в колбочках сетчатки глаза (а именно колбочки являются приемниками цвета), в результате чего они возбуждаются (генерируют электрический сигнал). Электрическое возбуждение по сложным многонейронным путям передается в затылочную зону коры головного мозга и затем на специализированные клетки (нейроны – детекторы цвета). И только в результате этих сложнейших нейрофизиологических процессов у нас возникает субъективное ощущение вполне конкретного красного цвета.

Другой пример. Пересолив пищу, мы явно ощущаем соленый вкус. Существует ли соленый вкус в природе как таковой? Любой химик (а также физиолог) скажет, что реально существуют (в жидкой среде) ионы натрия и хлора, которые, действуя на вкусовые луковицы языка, возбуждают в них соответствующие нервные процессы и тем самым создают *субъективное ощущение* соленого вкуса.

По аналогии мы можем задать и другие вопросы: например, существуют ли *реально* в природе сладкий вкус, запах мяты, розы, ландыша и пр. И в этих случаях мы вынуждены будем признать, что все эти вкусы и запахи присутствуют лишь в *ощущениях*; в реальности же существуют разнообразные химические соединения, которые в силу своих структурных (или функциональных) особенностей способны возбуждать определенные вкусовые или обонятельные рецепторы. Справедливости ради надо сказать, что ощущения возникают не в самих рецепторах (чувствительных нервных окончаниях), а в высших отделах головного мозга. Сами же по себе рецепторы при действии внешнего стимула способны лишь возбуждаться и генерировать электрические нервные импульсы. Однако электрические импульсы и переживаемые нами ощущения наверняка не одно и то же! Не так ли?

Среди философов имеет хождение такой полухулиганский вопрос: «Пахнет ли роза, если она находится в комнате, где никого

нет?» Попробуйте ответить! Любой ваш ответ вызовет очередной вопрос: если да, то *для кого?*; если нет, то *почему?*

Даже такие, казалось бы, элементарные примеры наводят на мысль, что проблема адекватности субъективного отражения внешнего мира не так проста, как это может показаться с первого взгляда. Для того чтобы в ней разобраться, давайте обратимся к истории и рассмотрим различные подходы к решению психофизической проблемы в философии, психологии и естественных науках, начиная со времен античности и кончая сегодняшним днем.

КАК РЕШАЛАСЬ ПСИХОФИЗИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА?

Древнегреческий философ *Демокрит* (460–370 гг. до н. э.) был, пожалуй, одним из первых, кто сформулировал психофизическую проблему в ее более или менее современном виде. Как известно, Демокрит был одним из родоначальников атомистической концепции, согласно которой все сущее состоит из атомов. По поводу ощущений он был весьма категоричен, считая их некоторой условностью, которая существует лишь «в общем мнении». «[Лишь] в общем мнении, – учил Демокрит, – существует сладкое, в мнении – горькое, в мнении – теплое, в мнении – холодное, в мнении – цвет, в действительности же [существуют только] атомы и пустота» [1, с. 17]. В то же время, будучи последовательным материалистом, Демокрит все же пытался ответить на вопрос, каким образом возникает то, что мы имеем «во мнении». Согласно его воззрениям, все объекты, существующие вокруг нас, непрерывно излучают в пространство свои отражения – «эйдолы» (что-то наподобие тончайших пленочек, копий излучающих их предметов), которые, в свою очередь, воздействуя на органы чувств, оставляют на них соответствующие «отпечатки». Естественно, что эйдолы тоже должны состоять из атомов, поскольку в мире нет ничего, кроме атомов и пустоты [2, с. 51].

Позицию Демокрита принято называть точкой зрения наивно-го материализма. Но так ли уж она наивна? Давайте разберемся.

Мы способны видеть окружающие нас предметы. Что значит *видеть*? С помощью органа зрения мы способны воспринимать лишь те объекты, которые либо излучают в пространство электромагнитные колебания в определенном диапазоне длин волн, либо отражают эти колебания от своей поверхности. Если предмет не излучает и не отражает свет, увидеть его невозможно. То же самое можно сказать и в отношении слуха. Мы можем слышать звук

(т. е. механические колебания частиц воздуха) только в тех случаях, когда они генерируются каким-либо источником (например, голосовыми связками или мотором автомобиля) или опять-таки отражаются от твердых поверхностей.

В чем же Демокрит не прав? В том, что «эйдолы» не всегда состоят из атомов (как, скажем, электромагнитные волны)? Нам кажется, что античному философу это вполне можно простить, поскольку в то время понятие об атоме было весьма туманным.

Интересны рассуждения Демокрита, в частности, по поводу вкусовых ощущений. В самом деле, одни вкусовые вещества мы воспринимаем как сладкие, другие – как кислые, третьи – как горькие или острые (жгучие). Почему? По мнению Демокрита, если на язык воздействуют атомы правильной формы (круглые, гладкие), то они вызывают ощущение приятного, сладкого вкуса, если же это атомы «шероховатые», с острыми углами – ощущение острого, жгучего и т. д. Наивно? Нам кажется, не очень! Благодаря усилиям биофизиков, биохимиков и физиологов только в середине XX столетия было убедительно доказано, что разные вкусовые (а также и запаховые) качества обусловлены различиями в *форме* (!) молекул соответствующих веществ (иными словами, обусловлены их *конфигурацией*), наличием в составе молекул вполне определенных атомарных группировок, характером внутримолекулярных связей, присутствием диссоциированных ионов натрия, хлора, водорода и т. д. Поистине, новое – это хорошо забытое старое!

«Великий Стагирит» *Аристотель* (384–322 гг. до н. э.) не очень-то «жаловал» Демокрита с его атомистической концепцией. Но и Аристотель внес много ценных идей в разработку психофизической проблемы. Так, одной из гениальных мыслей Аристотеля была мысль о двойственной (субъективно-объективной) природе ощущений, несводимости их к свойствам действующих на организм раздражителей. «Колебания звучащей струны, – говорил Аристотель, – и звук, издаваемый этой струной, – не одно и то же» [1, с. 18]. Ощущение, по Аристотелю, можно уподобить «оттиску медной печати на восковой пластинке»: оттиск состоит из воска, но отражает в себе структуру меди.

Давайте представим себе, что происходит в наших органах чувств (да и в головном мозге тоже), когда мы воспринимаем свет, цвет, вкус, запах и пр. Вооружившись современной аппаратурой, мы можем зарегистрировать потоки нервных импульсов, которые циркулируют по бесчисленным нервным волокнам, зафиксировать сменяющие друг друга очаги возбуждения и торможения в разных отделах мозга. Но при этом никакого субъективного образа мы не обнаружим. Нервная активность, которая складывается из электрических процессов и нейрохимических превращений, – это и есть тот субстрат, тот «воск» (по Аристотелю), из которого «лепится» субъективный образ. Но ведь чисто субъективно мы воспринимаем не потоки нервных импульсов, не процессы возбуждения и торможения – мы воспринимаем структуру окружающего мира, те события, явления, изменения, процессы, которые в нем происходят. Это и есть та «медная печать», оттиск которой фигурирует в нашем сознании.

В наше время обычно говорят, что мы воспринимаем не явления и события внешнего мира как таковые, а *информацию* об этих явлениях и событиях. Ясно, что в античные времена не существовало понятия информации, но если перевести высказывание Аристотеля на современный язык, то можно заключить, что речь идет именно о ней.

Интересно отметить при этом, что в своих умозрительных рассуждениях Аристотель прекрасно обошелся без атомистической концепции, хотя его взгляды на сущность ощущения абсолютно справедливы.

Английский философ Нового времени *Джон Локк* (1632–1704) в своем знаменитом трактате «Опыт о человеческом разуме» взял на вооружение одну из идей Демокрита, а именно, идею о том, что существуют различные «качества вещей» (т. е. свойства предметов окружающего мира). Дж. Локк разделил все эти качества на первичные и вторичные.

Первичные качества – это форма, размер, удаленность, протяженность, длительность, т. е. то, что мы сейчас называем пространственно-временными параметрами объектов (то, что имеет

отношение к пространству и времени). К первичным качествам Локк относил также такие свойства предметов, как твердость – мягкость, гладкость – шероховатость и им подобные. Эти качества, по Локку, первичны, потому что являются неотъемлемыми свойствами самих вещей, а воспринимаем мы их именно такими, какими они в действительности существуют.

Вторичные качества – это свет, цвет, звук, вкус и запах. Восприятие их опосредовано нашими органами чувств и зависит от того, как они (т. е. органы чувств) устроены. Что же представляют собой вторичные качества вещей в реальности, мы не знаем и, как утверждал Локк, скорее всего, не узнаем никогда.

Идея Локка хорошо подтверждается изучением способностей к восприятию внешнего мира у разных животных. Так, например, для собаки существует настолько разнообразный мир запахов, о котором мы можем только догадываться. Дельфины и летучие мыши прекрасно воспринимают ультразвуки, которые мы с вами слышать не можем. Пчелы хорошо отличают друг от друга растворы сахара и сахарина, которые нам кажутся одинаково сладкими. Некоторые насекомые способны видеть ультрафиолетовые лучи, которые для восприятия нашими органами чувств также недоступны. О чем это говорит? По-видимому, о том, что у каждого животного существует свой собственный, индивидуальный субъективный мир. В то же время реальный физический мир один, он не зависит от того, кто и как его воспринимает. Очевидно, восприятие внешнего мира действительно зависит от устройства и особенностей функционирования органов чувств, которые у разных животных в процессе эволюции развивались по-разному и, следовательно, обладают разными функциональными возможностями [1, с. 20].

В начале XX в. в одном из солидных научных журналов появилась фотография, которая сама по себе ничем не примечательна. Интригующей же была подпись к этой фотографии, сопровождающаяся небольшим комментарием. Подпись гласила: «Так видит мир глаз муравья». На фотографии было размытое, расплывчатое изображение какого-то объекта, который искусный фотограф заснял через срез фасеточного глаза насекомого. И многие действительно

поверили, что муравей именно так воспринимает окружающий мир. Не учли только одной «маленькой» детали: окружающий мир воспринимает не глаз, а мозг. Так что вопрос о том, каким же является субъективный образ окружающего мира у муравья, так и остался открытым (наверно, об этом можно спросить только самого муравья).

Как мы увидим дальше, идея Джона Локка оказалась весьма плодотворной для дальнейшей разработки психофизической проблемы. К ней неоднократно обращались как психологи (Фехнер, Дельбеф, Плато, Титченер, Стивенс), так и физиологи (Мюллер, Гельмгольц и др.) [2, с. 68]. Однако тот факт, что наиболее адекватно мы воспринимаем именно первичные качества и не столь адекватно – «вторичные», было убедительно доказано лишь в середине XX столетия.

Соблюдая в общих чертах хронологию нашего повествования, нельзя не коснуться *агностицизма* – философского направления, которое получило широкую популярность в XVIII–XIX вв. Наиболее известными представителями этого направления были *Дэвид Юм* (1711–1776) в Англии и *Иммануил Кант* (1724–1804) в Германии. Агностики (от греч. «а» – отрицание и «гнозис» – познание) вообще отрицали возможность чувственного познания внешнего мира, отводя эту роль исключительно разуму. «Так, – рассуждал Кант, – если мы хотим ответить на вопрос, не обманывают ли нас наши органы чувств, дают ли они нам “правильное”, адекватное представление о мире, мы должны обратиться опять-таки к показаниям наших органов чувств (т. е. к ощущениям), ибо у нас нет другого критерия. Таким образом, – продолжает Кант, – мы попадаем в заколдованный круг, из которого нет выхода» [1, с. 25].

Что ж, в логике рассуждений Канту не откажешь! Если показания органов чувств (ощущения) являются единственным критерием истинности чувственного познания, то на психофизической проблеме можно «ставить крест». Эту мысль вполне откровенно высказал Д. Юм, который провозгласил, что ставить вопрос о том, существует ли что-либо за пределами наших ощущений, вообще бессмысленно. Ощущения – это единственная реальность. Что называется, научная мысль зашла в тупик!

Какими бы логичными ни казались рассуждения агностиков, многие ученые вовсе не удовлетворились такой постановкой вопроса. В середине XIX в. большой прорыв в изучении свойств материального мира сделала физика, а в изучении свойств живой материи – физиология. Исследованием психических процессов (в том числе ощущений и восприятия) начали заниматься не только философы и психологи, но и представители естественных наук. В 70-х гг. XIX столетия немецкий психолог *Вильгельм Вундт* (1832–1920) основал первую в мире лабораторию экспериментальной психологии, в которой элементарные психические процессы (пороги ощущений, время сенсомоторных реакций и пр.) регистрировались с помощью уже существующей к тому времени измерительной аппаратуры [2, с. 69]. *Г. Т. Фехнер* заложил основы психофизики, которая также использовала естественно-научные методы и имеющийся в то время математический аппарат. Этот список можно было бы продолжить. Все это стимулировало вновь вспыхнувший интерес к психофизической проблеме. Появились новые взгляды, новые гипотезы, касающиеся рассматриваемого нами вопроса.

Одной из теорий, безусловно заслуживающих нашего внимания, является теория «специфических энергий», предложенная немецким физиологом *Иоганном Мюллером* (1801–1858). Согласно этой теории, качество субъективного ощущения не зависит от физических характеристик внешнего раздражителя, а связано со спецификой (строением и организацией) самих органов чувств [5, с. 184]. В специально проведенных опытах И. Мюллер доказал, что воздействие на разные органы чувств одним и тем же раздражителем (слабым электрическим током) вызывает совершенно разные ощущения. Так, если электрод, через который пропускается ток, поместить на височную область вблизи глазного яблока, то у субъекта возникает ощущение света (мелькание искр перед глазами – явление «фосфена», хорошо известное физиологам), если в наружный слуховой проход вблизи барабанной перепонки, возникает ощущение звука (жужжание или гудение), если на поверхность языка – ощущение кислого или «металлического» вкуса и т. д.

В течение долгого времени наши отечественные материалистически настроенные философы и психологи всячески третировали теорию Мюллера, приклеив ей ярлык «физиологического идеализма». Тем не менее, несмотря на некоторые недостатки этой теории, Мюллер впервые обратил внимание на то, что мы теперь называем *специфичностью органов чувств*: каждый рецептор «настроен» на восприятие вполне определенной формы физической энергии раздражителя. Если рассмотреть анатомическое строение и физиологические свойства разных рецепторов, то станет понятно, что в силу специфичности своего устройства колбочки и палочки глаза не будут реагировать на звуки, а волосковые клетки внутреннего уха – на запахи.

Логическим продолжением теории Мюллера стала «теория иероглифов» (теория знаков, теория символов), которую предложил гениальный ученик Мюллера *Герман Гельмгольц* (1821–1894). Суть этой теории состоит в том, что ощущение не является точной копией или изображением внешнего стимула. Каждое отдельное ощущение представляет собой своеобразный символ (знак, иероглиф), сигнализирующий о внешнем воздействии и (так же, как в теории Мюллера) может не иметь ничего общего с данным конкретным раздражителем.

Идея о знаковом характере субъективного отражения высказывалась еще во времена Средневековья (в частности, английским философом *Уильямом Оккамом* (ок. 1300 – ок. 1349)) [1, с. 25]. В то же время она имела чисто религиозную окраску (ощущение – знак божий, предостережение божие и т. д.). Г. Гельмгольц подошел к этой идее с материалистической точки зрения, довел ее до логического завершения и подкрепил убедительными экспериментальными доказательствами.

Следует отметить, что работы Гельмгольца в области физиологии и экспериментальной психологии открыли новую эру в изучении органов чувств и основных принципов их работы. Фундаментальные труды Гельмгольца «Основы физиологической оптики» и «Основы физиологической акустики» можно без преувеличения назвать энциклопедией по физиологии и психологии зрения

и слуха второй половины XIX в. [1, с. 26]. Об этом замечательном ученом можно было бы рассказать очень многое, тем более что Гельмгольц был не только физиологом и психологом, но и математиком, философом, поэтом и даже, как утверждали его современники, неплохим композитором. Но поскольку личность ученого не является темой нашего повествования, давайте поговорим о самой теории, которая имеет непосредственное отношение к рассматриваемой нами психофизической проблеме.

Известно, что многие философы и естествоиспытатели (в том числе, в России – Г. В. Плеханов, И. М. Сеченов и др.) приняли теорию Гельмгольца безоговорочно. Другие же, особенно отечественные философы более позднего (советского) периода, принявшие идейные установки ленинского «Материализма и эмпириокритицизма», эту теорию отвергали. Основным аргументом критики был тот, что она (т. е. теория иероглифов) якобы идеалистична, поскольку отрицает за ощущениями какую-либо связь с внешним миром, выводя их исключительно из свойств отражающей системы (т. е. организма). Рассуждать таким образом – значит совершенно не понимать сути данной теории. В своих работах Гельмгольц неоднократно подчеркивал мысль о двойственной природе ощущений (вспомним Аристотеля), их обусловленности как физическими свойствами стимула, так и внутренними свойствами сенсорных систем (анализаторов).

С философских позиций наиболее сложным является вопрос о том, можно ли «состыковать» друг с другом теорию иероглифов Гельмгольца и идею адекватности восприятия окружающего мира. В самом деле, если каждое отдельное ощущение формируется на основе знаков, символов (таким кодом сигналов вполне можно считать совокупность распределенных в пространстве и времени нервных импульсов) и если эти знаки не имеют ничего общего со своим материальным носителем (отражаемым объектом), то можно ли говорить об адекватности субъективного отражения внешнего мира вообще?

Одним из возможных (и на наш взгляд, одним из наиболее удачных) путей решения проблемы является следующий. В начале

XX в. группа немецких психологов (*Макс Вертгеймер* (1880–1943), *Курт Коффка* (1886–1941) и *Вольфганг Келер* (1887–1967)), создавших новое направление в науке – *гештальт-психологию* [2, с. 73], ввела в психологический лексикон понятие *изоморфизма*. Справедливости ради надо отметить, что сам термин *изоморфизм* был предложен немецким философом и математиком *Г. В. Лейбницем* (1646–1716) еще в XVII в. Кстати сказать, Лейбниц достаточно жестко полемизировал с Дж. Локком по вопросу о «первичных» и «вторичных» качествах вещей.

Понятие изоморфизма достаточно сложно и многозначно, поэтому мы попытаемся рассмотреть его на относительно простых примерах. Так, по Лейбницу, если освещать различные объемные (трехмерные) фигуры лучом света, то тень, отбрасываемая на экран этими фигурами, будет иметь вид плоского (двумерного) изображения. Тень от шара на экране будет иметь вид круга, тень от конуса – вид треугольника и т. д. В этом случае можно сказать, что сама геометрическая фигура и ее двумерное изображение являются *изоморфными* друг другу. Отсюда – одно из определений изоморфизма: *изоморфизм есть взаимоднозначное соответствие*.

Иногда изоморфизм определяют как *единство структуры* [4, с. 145]. На этот счет можно привести другой пример. Возьмем, скажем, реальный ландшафт какой-либо местности и топографический план (карту) той же самой местности. Что мы видим на карте? Не более как условные знаки, символы, «иероглифы». Так, болото обозначается горизонтальными черточками, поля и луга – двойными вертикальными штрихами, хвойный и лиственный лес – предельно схематизированными рисунками соответствующих деревьев и т. д. Однако, пользуясь картой (при условии, что мы хорошо разбираемся в топографических знаках), мы можем достаточно уверенно ориентироваться даже в незнакомой местности. Почему? Потому что на карте сохранено самое существенное, что делает ее изоморфной данной местности, – структура пространственных соотношений между отдельными объектами.

Следующий пример. Сравним между собой концерт какого-либо музыкального ансамбля и магнитофонную запись этого концерта.

Можно ли их считать изоморфными друг другу? Несомненно, несмотря на то, что материальные носители звуковых колебаний (звучание музыкальных инструментов) и магнитная запись этих колебаний – совершенно разные вещи. Что же в этом случае сохранено в магнитофонной записи? Опять же структура отношений. На сей раз – это: 1) временные соотношения (последовательность звуков, длительность звучания и временные интервалы между отдельными звуками); 2) соотношения по амплитуде (громкости звучания) различных инструментов; 3) соотношения по частоте (тональности); 4) по тембру (наличие основных тонов и обертонов) и т. д.

В качестве примеров изоморфизма можно привести также следующие:

- событие, имевшее место в реальной жизни, и его знаковое отражение в речевых структурах (устное или письменное описание данного события);

- отношение между площадью и радиусом круга и его выражение в виде математической формулы $S = \pi r^2$.

Какое отношение имеет концепция изоморфизма к теории иероглифов Гельмгольца, а равно и к психофизической проблеме в целом? Несмотря на то, что каждое отдельное ощущение (красный цвет, высокий звук, сладкий вкус и пр.) является всего лишь знаком, символом, иероглифом конкретного физического воздействия, структура отношений между этими символами (отношений пространственных, временных, амплитудных и др.) в субъективном отражении сохраняется постоянной. Другими словами, целостная субъективная картина окружающего мира является не чем иным, как *изоморфным* отражением этого мира, несет на себе отпечаток его структуры (как тут не вспомнить пример Аристотеля с оттиском медной печати на восковой пластинке?).

Возвращаясь еще раз к работам гештальт-психологов, надо отметить, что основным постулатом этого научного направления было положение о *целостности* восприятия. Согласно гештальтистам, восприятие не является суммой отдельных ощущений – воспринимаемый образ изначально целостен и постоянен. Приведем простейший пример. Если мы видим какой-либо предмет (например,

стол), то, несмотря на наличие отдельных деталей, мы, прежде всего, воспринимаем его целиком. При этом наш субъективный образ стола мало изменится в зависимости от того, при каком освещении мы его видим, с какого расстояния, в каком ракурсе (да хоть вверх тормашками!).

По-видимому, в определенной степени способность к константному, инвариантному, целостному восприятию является врожденной, генетически предопределенной. Так, известно, что даже дети младенческого возраста в первую очередь «схватывают» форму целостного объекта и только значительно позднее начинают различать в нем отдельные детали и их особенности. Тем не менее, кроме врожденной обусловленности, целостность и константность восприятия, несомненно, совершенствуются с возрастом, с накоплением жизненного опыта.

В заключение хотелось бы отметить, что наиболее полное и всестороннее исследование психофизической проблемы возможно лишь при использовании *количественного подхода* к ощущению и восприятию. Этим-то как раз и занимается психофизика – та область психологической и физиологической науки, которой посвящено данное пособие.

У ИСТОКОВ ПСИХОФИЗИКИ

Как уже отмечалось, официальной датой рождения психофизики как самостоятельной науки принято считать 1860 г. Однако корни ее уходят значительно глубже – в XVIII и даже в XVII в., когда физика и астрономия сделали значительные успехи в изучении законов природы, когда Ньютон вслед за Галилеем провозгласил, что «природа говорит с человеком на языке математики». Что же имел в виду гениальный физик?

Известно, что свойства любого объекта, любое событие или явление могут быть описаны и качественно, и количественно. Качественное описание более наглядно, понятно и доступно, но имеет существенный недостаток. В определенной степени оно зависит от субъективной установки автора, от его взглядов и убеждений, которые порою могут быть далеки от истины. В то же время язык математики в значительной мере избавлен от субъективизма, точки зрения индивида, его симпатий и антипатий и пр. Математический аппарат лаконичен, предельно формализован и с одинаковым успехом может быть использован для описания любых явлений. Конечно, и в математике можно найти много допущений (иногда достаточно произвольных), изначальных аксиом и постулатов, якобы не нуждающихся в доказательствах. Но, как справедливо отмечал американский психофизик С. Стивенс, «число всегда остается числом и не зависит от того, *что именно* мы хотим считать или измерить» [1, с. 29]. Таким образом, если мы описываем лишь качественные проявления тех или иных событий, мы «скользим» по поверхности вещей, не затрагивая их глубинной сути. Описание же количественных связей и отношений позволяет нам не только проникнуть в сущность явлений, понять их природу, но и с определенной долей вероятности прогнозировать эти явления.

Более развращено мысль о необходимости математического описания исследуемых явлений высказал в первой половине XIX в.

немецкий философ и психолог *Иоганн Гербарт* (1774–1841). Он писал: «Всякая теория, которая желает быть согласованной с опытом, прежде всего, должна быть продолжена до тех пор, пока не примет количественных определений, которые являются в опыте или лежат в его основании. Не достигнув этого пункта, она висит в воздухе, подвергаясь всякому ветру сомнения и будучи не способной вступить в связь с другими, уже окрепшими воззрениями» [4, с. 181].

Центральной идеей психофизики с самого момента ее зарождения была идея измерения ощущений. Можно ли в принципе их измерять, поскольку ощущения доступны лишь самому ощущающему субъекту и не поддаются регистрации с помощью каких-либо измерительных приборов? Выход, очевидно, один: если ощущения нельзя измерить непосредственно, то их можно, по крайней мере, соотнести с физическими величинами (в частности, с величиной сенсорных раздражителей, вызывающих эти ощущения), которые поддаются измерению с помощью обычных измерительных приборов и могут быть выражены в общепринятых физических единицах.

Еще в XVIII в. начал дискутироваться вопрос о том, каковы же количественные соотношения между величиной ощущения и силой раздражителя (сенсорного стимула, сенсорного сигнала). Так, в 1743 г. *Крюгер* заявил, что величина ощущения возрастает прямо пропорционально величине раздражителя, т. е. между тем и другим существует прямая линейная связь: $R = k \cdot S$, где S – физическая величина стимула; R – величина ощущения (в субъективных единицах) и k – коэффициент пропорциональности, который зависит исключительно от выбора единицы измерения стимула. Основывался ли Крюгер на результатах каких-либо экспериментов или пришел к этому выводу чисто умозрительно, для нас так и осталось загадкой (несмотря на все усилия, мы не смогли найти книгу Крюгера ни в российских, ни в американских архивах и приводим этот факт по ссылкам других авторов) [6, с. 6].

Представляет несомненный интерес относящаяся к тому же времени (1728–1738) переписка между двумя математиками –

Габриелем Крамером и Даниилом Бернулли, работавшим в то время в Санкт-Петербурге. И Крамер, и Бернулли заинтересовались одним и тем же вопросом, который имеет отношение как к психологии, так и к экономике: почему реальная сумма денег и субъективно оцениваемая утилитарная ценность этой суммы связаны между собой нелинейно? По поводу же формы этой зависимости Крамер и Бернулли не пришли к общему согласию: Крамер считал, что утилитарная ценность растет пропорционально корню квадратному из реальной суммы (или, что то же самое, по закону степенной функции $R = k \cdot S^{0.5}$); Бернулли же утверждал, что эта зависимость лучше описывается логарифмической функцией типа $R = k \cdot \log S$. Справедливости ради надо заметить, что в данном случае речь идет не об элементарном ощущении, а о субъективном суждении (как мы попытаемся показать в дальнейшем, ощущение, вызываемое стимулом, и субъективное суждение о нем – далеко не одно и то же!).

Первые в истории психофизические эксперименты были поставлены, по-видимому, французским физиком *М. Бугером* [6, с. 5–8] во второй половине XVIII в. Почему «по-видимому»? Нельзя исключать, что опыты подобного рода проводились и раньше, но результаты их просто не дошли до нас.

Бугер изучал то, что мы сейчас называем дифференциальной чувствительностью или (что то же самое) различительной способностью органов чувств. В частности, он исследовал способность человека различать близкие между собой уровни освещенности. Оборудование, служившее для опытов, вполне соответствовало своему времени. Это стол с измерительной линейкой, две свечи, которые с помощью шнура можно было передвигать вдоль стола относительно друг друга, а также экран, освещаемый этими свечами. Задача испытуемого состояла в том, чтобы отметить момент появления или исчезновения тени одной из свечей на экране. Передвигая каждую из свечей на разное расстояние от экрана, Бугер заметил, что едва (имеется в виду: *Krüger J. G. Naturlehre. Halle – Magdeburg: Hemmerde, 1743*) заметное различие между двумя освещенностями тем больше, чем больше исходный уровень освещен-

ности. Более того, он нашел прямую (линейную) зависимость различительной способности от уровня освещенности.

Опыты Бугера (а книга, в которой они были описаны, вышла уже после смерти ученого – в 1760 г.) остались незамеченными, а, проще говоря, никого особенно не заинтересовали. В науке это часто бывает – в таких случаях обычно говорят, что ученый «определил свое время». И наверняка Бугер был бы весьма удивлен, если бы узнал, что через два столетия его именем назовут один из основополагающих законов психофизики.

Через 70 с лишним лет опыты Бугера повторил немецкий исследователь *Эрнст Вебер* (1795–1878) [6, с. 8–9]. Представьте себе весьма незамысловатый эксперимент. Субъект (в дальнейшем людей, принимающих участие в опытах, мы будем называть *испытуемыми*) держал в руках две сумочки, в каждой из которых находился определенный груз. В начале опыта груз в обеих сумочках был одинаков (предположим, 100 граммов). Естественно, что испытуемый ощущал и оценивал обе сумочки равнотяжелыми. Затем экспериментатор постепенно добавлял в одну из сумочек дополнительный груз до тех пор, пока испытуемый не отмечал, что одна из них стала едва заметно тяжелее. Минимальное приращение груза, отмечаемого испытуемым, фиксировалось экспериментатором, после чего в обе сумочки помещался другой груз и т. д. После многократного повторения эксперимента Вебер выявил вполне определенную закономерность, которую для наглядности мы представим в виде несложной таблицы (табл. 1), которую впоследствии достаточно подробно прокомментируем.

Для того чтобы сделать наши рассуждения более сжатыми и компактными, обратимся к весьма несложным математическим выкладкам. Как показывает табл. 1, приращение груза, вызывающее едва заметное изменение тяжести (Δm), возрастает прямо пропорционально исходной массе груза (m). Величину Δm принято называть *разностным (дифференциальным) порогом чувствительности*. Другими словами, $\Delta m = km$, т. е. величина дифференциального порога прямо пропорциональна величине исходного раздражителя. Величину $\Delta m/m$ называют *относительным дифферен-*

Т а б л и ц а 1

Результаты опытов Вебера по различению тяжести грузов

Исходный груз в граммах (m)	100	200	300	500	1 000
Груз, ощущаемый как чуть более тяжелый по сравнению с исходным (m')	103	206	309	515	1 030
Приращение груза, вызывающее едва заметное приращение тяжести ($\Delta m = m' - m$)	3	6	9	15	30
Относительная величина приращения груза ($\Delta m/m$)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

циальным порогом. Как можно видеть из таблицы, эта величина не зависит от исходного раздражителя, т. е. является постоянной: $\Delta m/m = \text{const}$ (символом const (константа) принято обозначать постоянную величину).

Последняя формула получила название закона (или правила) Вебера. Позднее исключительно для того, чтобы восстановить историческую справедливость, ее стали называть правилом Бугера – Вебера [6, с. 8].

Вебер и его последователи показали, что правило постоянства дифференциальных порогов является универсальным для стимулов разной сенсорной модальности (не только для различения освещенностей или тяжести груза, но и для слухового, вкусового, обонятельного ощущений, для зрительной оценки длины, высоты, расстояния и т. д.). На этом основании правило Бугера – Вебера было сформулировано в обобщенном виде:

$$\Delta S/S = \text{const},$$

где S – величина сенсорного раздражителя независимо от его сенсорной модальности.

В заключение этого вопроса необходимо отметить три важных момента. Во-первых, правило Бугера – Вебера в первом приближении справедливо внутри каждой отдельной сенсорной модаль-

ности, в то время как для стимулов разной сенсорной модальности величина $\Delta S/S$, которую иногда называют константой (или дробью) Вебера, неодинакова и может варьировать в достаточно широких пределах. Приведем лишь некоторые примеры (по данным разных авторов) (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

**Значения константы Вебера
для стимулов различной сенсорной модальности**

Сенсорная модальность	Константа Вебера
Визуальная оценка длины линий	0,01
Тактильное ощущение толщины блоков	0,02
Высота тонального звука	0,02
Тяжесть поднимаемого груза	0,03
Яркость света	0,08
Громкость звука	0,10
Вкус поваренной соли	0,14
Вкус сахара	0,17
Частота вибрационного воздействия	0,20
Запах различных веществ	0,20–0,30

Можно видеть, что для стимулов разной модальности константа Вебера может меняться в значительных пределах (почти в 30 раз).

Во-вторых, следует иметь в виду, что дифференциальный (разностный) порог и дифференциальная чувствительность (различительная способность) находятся в обратной зависимости. Попытаемся пояснить это с помощью табл. 2. Возьмем, к примеру, способность человека различать близкие между собой по длине линии. Для того чтобы возникло ощущение едва заметного различия, линии должны отличаться друг от друга приблизительно на одну

сотую величины (т. е. на 1 %). Другими словами, мы способны ощутить едва заметное различие между линиями длиной 99 и 100 см (или 100 и 101 см). В то же время, чтобы различить между собой по интенсивности две градации одного и того же запаха, различия в концентрации этого пахучего вещества должны быть не менее 20–30 %.

В-третьих, возникает вполне резонный вопрос, а можем ли мы сравнивать различительную способность разных органов чувств, если раздражители измеряются разными физическими величинами. Обратите внимание на то, что величина разностного порога (ΔS) измеряется в тех же самых величинах, что и величина раздражителя (S). Следовательно, относительный дифференциальный порог (дробь Вебера $\Delta S/S$) есть величина безразмерная. Поэтому мы вполне можем оперировать этими величинами и сравнивать их друг с другом, независимо от конкретной сенсорной модальности. Как мы увидим дальше, это обстоятельство сыграло немаловажную роль в создании Фехнером «основного психофизического закона».

Работами Вебера по сути заканчивается тот период развития психофизики, который принято называть «дофехнеровским». Предшественники Фехнера (И. Ньютон, Г. Крамер, Д. Бернулли, М. Бугер, Э. Вебер и др.) подготовили благодатную почву для дальнейшего развития психофизики.

«КЛАССИЧЕСКАЯ» ПСИХОФИЗИКА ФЕХНЕРА: Пороговая проблема и основной психофизический закон

Как уже отмечалось, Фехнер был не только выдающимся психологом и математиком, но и достаточно известным в свое время философом. Учитывая этот факт, мы хотели бы начать обзор фехнеровской психофизики с краткого изложения его философской концепции.

По философским воззрениям Фехнера обычно причисляют к объективным идеалистам. Более того, его теоретическим построениям приписывают известную долю мистицизма. Это недалеко от истины. Убеждение в существовании Мирового Духа, Вселенского Разума и т. п. было весьма характерным для философских воззрений середины XIX в., за исключением, пожалуй, некоторых отечественных философов, трактовавших естественно-научные открытия в материалистическом духе (иногда, кстати, с позиций вульгарного материализма). В то же время Фехнер проповедовал принцип *монизма*, т. е. неразрывного единства материального и идеального. Он рассматривал телесное и духовное в их органической взаимосвязи, как неразрывную единую сущность. В этом его воззрения сходны с концепциями ряда античных философов (в частности, Аристотеля).

Любой живой организм можно рассматривать двояко: либо исследовать те материальные (физико-химические) процессы, которые в нем протекают, – *night view* («ночной взгляд», по Фехнеру), либо изучать его духовную сущность – *day view* («дневной взгляд»). Тем не менее и физиологическое, и психическое можно изучать не в «чистом виде», а лишь в их взаимосвязи, взаимодействии друг с другом. Психофизика как наука, согласно Фехнеру, призвана решить две основные задачи: 1) изучение взаимосвязи между физическим (внешний мир) и психическим (ощущения, восприятие,

суждения, умозаключения) – эту роль Фехнер отводил *внешней психофизике*; 2) изучение взаимоотношений между телесным (физиологическим) и духовным (психическим) – *внутренняя психофизика*.

Что касается «внешней» психофизики, то в этом плане Фехнер внес много ценных идей, основной из которых было создание *основного психофизического закона* – закона количественной связи между ощущением и раздражением. «Внутренняя» же психофизика во времена Фехнера попросту не могла быть создана, поскольку знания о «мозговых механизмах» психики в ту пору были весьма туманными. Уже позднее (в конце XIX – начале XX столетий) начинают закладываться основы таких дисциплин, как *психофизиология*, *нейропсихология* и *физиология высшей нервной деятельности*, которые вполне можно рассматривать в качестве аналогов фехнеровской «внутренней» психофизики. Тем не менее эти научные дисциплины требуют специального рассмотрения, которое не входит в нашу задачу.

Ядром фехнеровской внешней психофизики явилась так называемая *пороговая проблема* (проблема порогов чувствительности), которая заслуживает подробного обсуждения.

Понятие *порога* было введено в психологию в начале XIX в. немецким философом и психологом *Йоганном Гербартом*, который рассматривал порог как границу между областью сознания и областью бессознательного. Тем не менее такая граница до сих пор четко не определена, и все попытки Гербарта измерить ее с помощью математических выкладок оказались безуспешными [3, с. 152].

Фехнер уточнил это понятие, считая, что порог – это граница между ощущаемым и неощущаемым (абсолютный порог чувствительности), а также между различаемым и неразличаемым (дифференциальный, или разностный порог).

Понятие *абсолютного порога чувствительности* можно объяснить с помощью следующей схемы (рис. 1).

Теоретически мы можем изменять величину сенсорного раздражителя (силу света, силу звука, массу груза и др.) от нуля до любых сколь угодно больших величин (ось 0 – S на рис. 1). Тем

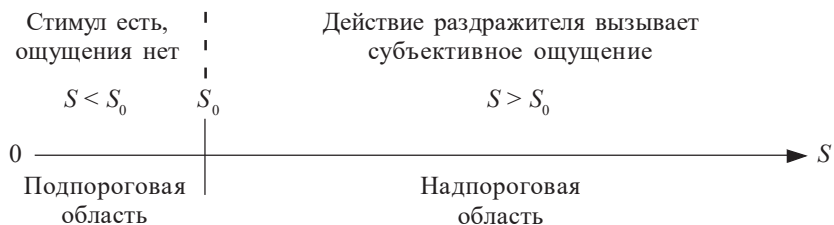


Рис. 1. Трактовка абсолютного порога по Фехнеру [6, с. 21]
(объяснения в тексте)

не менее, если величина стимула чрезвычайно мала, то он не может вызвать никакого ощущения, т. е. величина его лежит за пределами возможностей органов чувств. Эта область называется *подпороговой*.

Согласно классической точке зрения, в подпороговой области мы не можем ощутить (обнаружить) сенсорный сигнал ни при каких условиях, т. е. величина ощущения в данной области равна нулю. В то же время при дальнейшем увеличении силы раздражителя мы пересекаем некоторую границу и попадаем в *надпороговую* область, в которой стимул во всех случаях будет вызывать ощущение. В этом случае граница между подпороговой и надпороговой областью (на схеме она обозначена как S_0) и называется абсолютным порогом чувствительности.

Необходимо отметить, что абсолютный порог чувствительности – величина далеко не постоянная. Пороги могут различаться у разных людей, а у одного и того же субъекта уровень порога зависит от функционального состояния организма, степени утомления, адаптации к раздражителю и т. д. Так, например, выходя из освещенной комнаты ночью на улицу, в первые минуты мы лишь с большим трудом воспринимаем очертания, контуры предметов, а через несколько минут постепенно «прозреваем» и начинаем различать сначала крупные, а затем и более мелкие детали. Дело в том, что в результате темновой адаптации величина абсолютного порога смещается (на рис. 1 – влево), т. е. снижается (в некоторых случаях – в сотни и тысячи раз).

Другой пример. Вы входите в помещение с каким-то необычным для вас запахом. Проходит несколько минут, и этот запах практически перестает ощущаться, т. е. субъективно исчезает, несмотря на то, что концентрация данного пахучего вещества остается неизменной. Что произошло? Вы адаптировались к этому запаху, абсолютный порог изменился (на этот раз сдвинулся вправо – в сторону более высоких значений); другими словами, абсолютная чувствительность значительно снизилась.

Существенные изменения абсолютного порога могут свидетельствовать и о патологических изменениях (нарушениях) в организме. Об этом будет подробно сказано в последней главе.

За сто с лишним лет после Фехнера его концепция была пересмотрена в том плане, что абсолютный порог чувствительности – величина весьма нестабильная, которая может варьировать в достаточно широких пределах. Поэтому психофизики чаще говорят не об абсолютном пороге, а об «околопороговой области», в которой сенсорный сигнал может быть обнаружен с той или иной степенью вероятности. По этому поводу американский психофизик С. Стивенс в середине XX столетия писал следующее: «Как правило, порог не является инвариантным (постоянным) во времени; скорее о нем можно сказать, что в тех или иных пределах он непрерывно меняется, и поэтому мы вынуждены как бы схватывать его “на лету”... То, что фиксируется как порог, есть, таким образом, произвольная точка внутри области вариативности» [6, с. 23].

Несмотря на изменчивость, вариабельность абсолютного порога чувствительности, Фехнер и его последователи приложили немало усилий в разработке методов его определения. Здесь мы не будем подробно касаться сущности каждого из них, поскольку некоторые (современные) методы требуют владения достаточно сложным математическим аппаратом. Коротко остановимся лишь на трех методах, которые обычно называют «классическими» и которые нашли наиболее широкое применение в прикладных исследованиях.

Метод минимальных изменений

Через 1–3 секунды после соответствующего предупредительного сигнала испытуемому предъявляется основной сигнал, который может быть либо обнаружен, либо не обнаружен, т. е. вызывать или не вызывать субъективное ощущение. Приведем конкретный пример. В качестве предупредительного сигнала может быть мигание слабой по яркости электрической лампочки, после которого предъявляется основной сигнал (например, звук), громкость которого варьирует в пределах околороговой области. Задача испытуемого предельно проста – говорить «да», если он слышит звуковой сигнал, и «нет», если он его не слышит. Иногда для того, чтобы исключить вербальные ответы, испытуемому просто предлагают нажимать на одну из кнопок или клавиш компьютера: «+» (да) или «–» (нет).

Особенностью метода минимальных изменений является то, что тестовые сигналы предъявляются либо в порядке возрастания величины (возрастающая, восходящая серия), либо в порядке ее убывания (убывающая, нисходящая серия). При этом величина сигнала меняется очень маленькими ступеньками («шагами»). За уровень порога принимается точка перехода от одной категории ответов к другой (от «да» к «нет» или наоборот, рис. 2). После многократного чередования восходящих и нисходящих серий пороговые точки усредняются, и величина абсолютного порога вычисляется как среднее арифметическое значение этих точек.

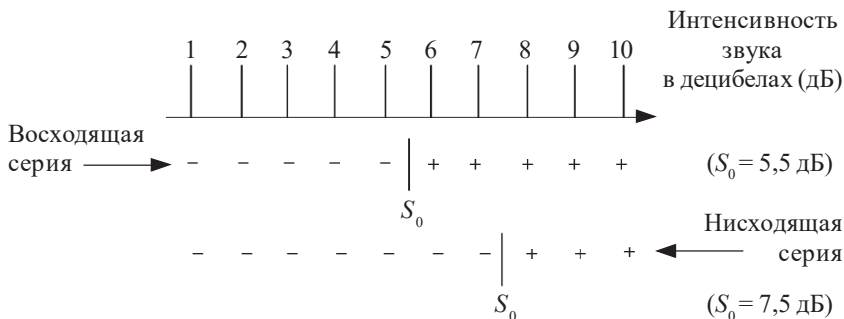


Рис. 2. Определение абсолютного порога методом минимальных изменений [6, с. 32] (объяснения в тексте)

Несмотря на относительную простоту и удобство данного метода, он имеет ряд существенных недостатков. Одним из них является антиципация (предвосхищение) субъектом последующего сигнала, если он замечает, что стимулы предъявляются ему в порядке возрастания или убывания. Это приводит к формированию у испытуемого стратегии ожидания сигнала или стратегии привыкания к сигналу, что может привести к систематической ошибке при определении пороговой точки.

Метод постоянных раздражителей (метод констант)

В отличие от предыдущего (метода минимальных изменений), метод констант предполагает предъявление стимулов не в порядке возрастания или убывания, а в произвольной (случайной) последовательности. Это автоматически снимает проблему предвосхищения последующего сигнала, а следовательно, и формирование какой-либо индивидуальной стратегии. Вычисление же пороговой точки в данном случае несколько усложняется, и она определяется по вероятности причисления сигнала к категориям «да» и «нет». За пороговую точку принимается такая величина стимула, которая в 50 % случаев обнаруживается испытуемым, а в 50 % – не обнаруживается. Другими словами, порог здесь вычисляется не как усредненная точка, а как вероятностная величина. Метод используется в тех случаях, когда требуется определить значение порога с достаточно большой точностью.

Метод средней ошибки

В отличие от предыдущих, метод предполагает активные манипуляции испытуемого с сигналом. Задача предельно проста: испытуемый должен медленно вращать рукоятку управления сигналом по часовой стрелке (увеличение) до тех пор, пока сигнал не появится. Экспериментатор фиксирует момент появления сигнала по шкале прибора, и задача меняется на обратную: испытуемый вращает рукоятку прибора против часовой стрелки до тех пор, пока сигнал не исчезнет и т. д. Поскольку каждая проба продолжается очень короткое время, число таких проб может достигать

100–200 и более. В простейшем случае величина абсолютного порога вычисляется простым усреднением точек появления и исчезновения сигнала по всем повторностям опыта.

Другой разновидностью порога чувствительности, по Фехнеру, является *разностный (дифференциальный) порог*. Частично мы уже касались этого вопроса, описывая опыты Бугера с различением освещенностей, а также опытов Вебера с различением тяжести грузов. Схематически сущность определения дифференциальных порогов иллюстрирует рис. 3.

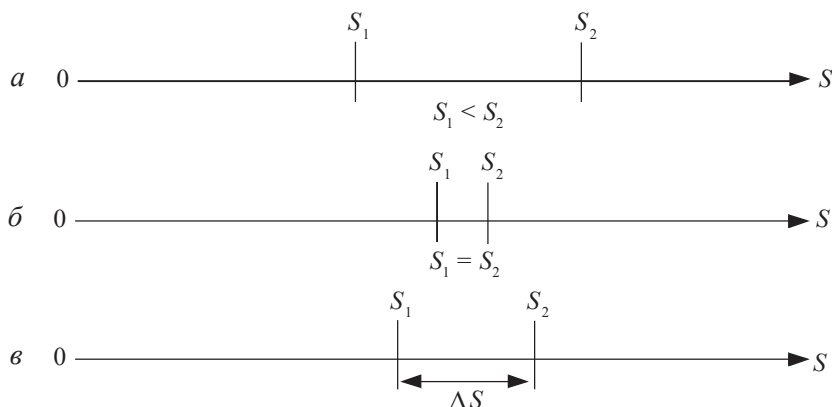


Рис. 3. Определение разностных (дифференциальных) порогов [6, с. 21] (объяснения в тексте)

На рис. 3 рассмотрены три возможных варианта ответов испытуемых при определении дифференциального порога:

а) величины стимулов, обозначенных как S_1 и S_2 , весьма значительно различаются между собой; субъект уверенно дает ответ, что они не равны между собой, т. е. $S_1 < S_2$;

б) величины стимулов S_1 и S_2 настолько близки, что для испытуемого они кажутся субъективно равными ($S_1 = S_2$);

в) в эксперименте подбирается такая разница между раздражителями, когда в половине случаев испытуемый дает ответ «равны», в других 50 % – «не равны». Такая разница между раздражителями и получила название *разностного (дифференциального)*

порога чувствительности, обычно обозначаемого как ΔS . Другими словами, дифференциальный порог соответствует величине едва заметного субъективного различия между сигналами. Напомним также, что величина $\Delta S/S$ носит название *относительного дифференциального порога*.

Что общего между абсолютным и дифференциальным порогом и в чем их различия? Можно сказать так: и тот, и другой условно являются некоторой граничной величиной: абсолютный порог – это граница между ощущаемым и неощущаемым, а дифференциальный порог – граница между различаемым и неразличаемым. В то же время, если абсолютный порог представляет собой некоторую условную точку на оси стимула, то дифференциальный порог – это не точка, а некоторая область, соответствующая минимальному (едва заметному) различию между сигналами, которое может быть воспринято субъектом.

Методы измерения дифференциальных порогов имеют много общего с измерением абсолютного порога чувствительности. Тем не менее они имеют и свою специфику. Во-первых, поскольку речь идет о различении двух сигналов, то в каждой серии эксперимента испытуемому предъявляется не один, а два стимула: первый из них служит в качестве стандарта (точки отсчета) и остается постоянным в течение всего опыта. Второй (тестовый) сигнал в течение опыта постоянно изменяется. Второе различие: поскольку речь идет о сравнении двух стимулов, то категории ответов испытуемых здесь существенно меняются. При использовании «классических» методов (а речь о них уже шла ранее) испытуемый в каждой пробе должен давать три возможных ответа: «<» (меньше), т. е. тестовый стимул меньше стандарта, «>» (больше) – тестовый стимул больше стандарта и, наконец, «=» (равно), если испытуемый считает оба стимула субъективно равными.

Во всем остальном методы почти идентичны таковым при определении абсолютного порога: 1) метод минимальных изменений предусматривает изменение тестового сигнала в порядке возрастания (восходящая) или убывания величины (нисходящая) серия; 2) метод постоянных раздражителей предполагает предъявление

тестового сигнала в случайной последовательности; 3) при использовании метода средней ошибки испытуемый сам «подстраивает» тестовый сигнал к стандарту так, чтобы: а) они были субъективно равны; б) чтобы тестовый стимул был едва заметно больше или меньше стандартного. Ввиду того, что математическая обработка результатов такого эксперимента достаточно сложна, мы не будем на ней останавливаться.

Еще один методический момент. Надо ли в процессе опыта предъявлять стандартный и тестовый стимулы одновременно или последовательно друг за другом «стандарт – тест» или «тест – стандарт»? Можно сказать так: все зависит от возможностей экспериментатора, а главным образом, от сенсорной модальности раздражителя. На этот счет приведем несколько различных вариантов [6; 7]:

1. Опыты по различению тяжести грузов. Как уже говорилось, в опытах Вебера испытуемый держал два сравниваемых груза в разных руках и оценивал их одновременно. Уместен такой вариант? Вполне! Единственное условие: для того чтобы исключить влияние «ведущей» или «неведущей» руки, стандартный и тестовый груз время от времени должны менять свое положение.

2. Эксперимент по различению освещенности. На экране перед испытуемым одновременно появляются два световых круга (или два световых пятна другой конфигурации) с разной степенью освещенности. Один из них играет роль стандартного, другой – тестового стимула. Для того чтобы избавиться от систематической ошибки, положение стандарта и теста («справа – слева») также периодически меняется.

3. Сравнение длины линий или размера соответствующих геометрических фигур. Одновременное предъявление стандарта и теста также вполне приемлемо.

4. Для различения громкости или тональности двух звуков такой вариант неприемлем. Если в наушники (головные телефоны) испытуемого одновременно предъявлять стандарт (на одно ухо) и тест (на другое), субъект вряд ли сможет адекватно решить задачу. В этом случае рекомендуется последовательное предъявление

стандартного и тестового звуков на одно (монауральное) или оба уха (бинауральное предъявление).

5. Невозможно одновременное предъявление стандартного и тестового сигналов при определении дифференциальных порогов для вкусовой, обонятельной, вестибулярной чувствительности, а также для стимулов ряда других сенсорных модальностей.

В завершение вопроса о методах измерения порогов чувствительности мы должны заметить, что не ставили своей целью детальное изложение всех методических нюансов, с которыми так или иначе сталкивается исследователь, особенно начинающий. Желających более глубоко ознакомиться с этой проблемой мы адресуем к монографии К. В. Бардина «Проблема порогов чувствительности и психофизические методы», а также к учебному пособию В. И. Лупандина и О. Е. Сурниной «Психофизика», выходные данные которых приводятся в конце книги.

Подробно коснемся главного «детища» Г. Т. Фехнера – основного психофизического закона. В связи с этим необходимо вернуться к проблеме измерения ощущений. Для Фехнера сомнений в возможности измерения любых субъективных явлений не существовало. В частности, в книге «Элементы психофизики» он писал так: «...Трудно возразить против того, что духовное вообще подчинено количественным отношениям. Ведь можно говорить не только о большей или меньшей силе ощущения, но и о разной силе впечатлений, о том, что существует большая или меньшая степень внимания, живости воспоминаний или образов фантазии, ясности сознания в целом, а также интенсивности отдельных мыслей... Таким образом, высшее духовное не в меньшей степени, чем чувственное, может быть охарактеризовано количественно» [3, с. 207].

Ряд современников Фехнера встретил в штыки саму идею возможности измерения ощущений. Так, например, лидер американского функционализма *Уильям Джеймс* (1842–1910) приводил следующие возражения: «Ощущения как таковые вообще не имеют величины. Наше ощущение розового цвета наверняка не является “частью” ощущения красного. Одно ощущение не может быть суммой или произведением других. Если бы это было возможно,

мы могли бы вычитать одно из другого и ощущать “остаток”. Каждое ощущение представляет собой неделимую единицу» [8, с. 43].

Мы не знаем, убеждает ли читателей подобная аргументация. Нас лично – не очень! На этот счет достаточно вспомнить высказывание соотечественников Джеймса – *Л. Ричардсона* и *Дж. Росса*, которые с известной долей юмора перефразировали его высказывание: «Одна гора не может быть вдвое выше другой. Если бы это было возможно, мы могли бы вычитать одну из другой и взбираться на “остаток”. Каждая гора представляет собой неделимую глыбу» [3, с. 211]. Как видите, аргументация та же самая, но вывод абсолютно абсурден.

Некоторые исследователи заняли компромиссную позицию в данном вопросе. Так, Ж. Дельбёф считал, что субъект не может измерять собственные ощущения как таковые, но способен измерять разницу (степень различия) между ними, что не противоречит выкладкам самого Фехнера.

Возвращаясь к методам измерения порогов чувствительности, мы можем констатировать, что субъект действительно может оценивать собственные ощущения, но в достаточно грубых категориях: «да – нет» или «больше – меньше – равно». Но ведь это еще не измерение в полном смысле слова. Измерить что-либо означает соотнести свойства измеряемого объекта с некоторой количественной шкалой, т. е. обозначить каждое из них определенным *числом*. А это, в свою очередь, предполагает существование соответствующей единицы измерения: так, длину мы можем выразить в сантиметрах, освещенность – в люксах, массу груза – в граммах и килограммах и т. д. Где же взять такую единицу для измерения субъективных процессов? Тем не менее Фехнер по-своему гениально справился с этой задачей.

Известный американский психолог Э. Боринг в своей книге «The history of psychology» [3, с. 237] приводит интересный эпизод. 22 октября 1850 г. (эта дата зафиксирована в дневниках самого Фехнера) за чашечкой утреннего кофе Фехнеру пришла в голову замечательная мысль. Вспомним правило Бугера – Вебера: $\Delta S/S = \text{const}$. Если величина относительного дифференциального

порога, во-первых, безразмерна (об этом уже говорилось), во-вторых, она относительно постоянна в пределах каждой сенсорной модальности, то не может ли она служить в качестве единицы измерения (своего рода «измерительной палочки», по Стивенсу), с помощью которой можно количественно выразить ощущение.

Фехнер использовал некоторые математические выкладки. Первым шагом его было то, что он приравнял величину $\Delta S/S$ к субъективной величине ΔR :

$$\Delta S/S = \Delta R.$$

При этом под величиной ΔR он понимал субъективное ощущение едва заметной разницы между двумя раздражителями. Надо было иметь известную смелость (не в математическом, конечно, а скорее в философском смысле), чтобы приравнять отношение двух физических единиц к величине субъективной (психической).

Далее следовало допущение о том, что величины ΔS и ΔR в математическом смысле можно считать величинами бесконечно малыми, и Фехнер представил их в виде дифференциального уравнения следующего вида:

$$dS/S = dR.$$

Наконец, завершающим этапом явилось то, что Фехнер, проинтегрировав это дифференциальное уравнение, получил окончательное выражение своего психофизического закона [6, с. 8]:

$$R = k \cdot \ln S + C \text{ или } R = k' \cdot \lg S + C',$$

где S – сила раздражения; R – величина ощущения; k и k' – коэффициенты пропорциональности, зависящие исключительно от выбора единиц измерения стимула, а C и C' – константы, которые могут меняться в зависимости от выбора основания логарифма, которое в данном случае не имеет принципиального значения.

В словесной формулировке это звучит так: «Величина ощущения пропорциональна логарифму силы раздражения». Другими словами, ощущение растет не прямо пропорционально силе раздражителя, а связано с ним логарифмической формой зависимости. Если сила раздражения S растет в геометрической (или логариф-

мической) прогрессии, то величина ощущения R – в арифметической. Некоторые из возможных вариантов такой зависимости представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

**Возможные варианты соотношений величины ощущения (R)
и силы раздражения (S) по Фехнеру**

Вариант	Величины раздражения и ощущения	Соответствие физических и субъективных величин					
		1	2	4	8	16	32
I	S	1	2	4	8	16	32
	R	1	2	3	4	5	6
II	S	1	3	9	27	81	243
	R	1	2	3	4	5	6
III	S	1	4	16	64	256	1 024
	R	1	2	3	4	5	6

Таким образом, равным отношениям между раздражителями соответствуют равные разности между ощущениями. Ощущение возрастает как бы «скачками» (ступеньками, квантами), каждый из которых соответствует величине дифференциального порога (порога различения сигналов). Другими словами, наше ощущение дискретно, в отличие от сенсорного раздражителя, величина которого может изменяться непрерывно (в идеале она может принимать какие угодно значения). Внутри же каждой такой «ступеньки» не может быть никакого ощущения, поскольку величины сигналов субъективно не различаются.

В качестве альтернативы пороговой концепции Фехнера некоторые его современники (Мюллер, Дельблф, Джастроу и др.) [6] предложили концепцию непрерывности сенсорного ряда. Согласно последней, ощущение не является дискретным, а представляет собой непрерывную область (континуум). В частности, по мнению Джастроу, ощущение является функцией двух переменных –

1) интенсивности сенсорного раздражителя и 2) степени «предрасположенности» к его восприятию (т. е. состояния организма в данный момент времени). Согласно Джастроу, степень предрасположенности к восприятию зависит «от многочисленных небольших колебаний состояния, которые всегда влияют на психический процесс», т. е. от случайного сочетания множества трудно учитываемых факторов (степень утомления, концентрация внимания, понимание инструкции, уровень мотивации (интереса) к данному эксперименту и т. д.). Таким образом, порог стал рассматриваться как величина, связанная не только с чисто сенсорными процессами (ощущением), но и с другими (несенсорными) факторами.

В первой половине XX в. стали разрабатываться новые теории и модели порога, включающие в себя как сенсорные, так и несенсорные переменные. Поскольку все эти модели являются достаточно сложными и основаны на вероятностной теории, а наша книга претендует на более или менее популярное изложение основ психофизики, мы не будем подробно на них останавливаться. Для желающих детально ознакомиться с некоторыми из теорий и моделей порога можем порекомендовать работу В. И. Лупандина и О. Е. Сурниной «Психофизика», которая претерпела два издания (в 1997 и 2008 гг.).

Как уже отмечалось, Г. Т. Фехнер назвал выведенное им путем математических преобразований уравнение (т. е. логарифмическую зависимость между величиной ощущения и силой раздражения) «основным психофизическим законом», отстаивая его универсальность для всех видов чувствительности. Отметим, кстати, что психология (в отличие от естественных наук) не может похвастать обилием четких количественных закономерностей, которыми были бы связаны изучаемые ею психические процессы и состояния. Именно поэтому любая количественная закономерность, обнаруживаемая в психических процессах или явлениях, ценится буквально «на вес золота». Тем не менее сразу же после опубликования фехнеровских «Элементов психофизики» основной психофизический закон был подвергнут жесточайшей критике как со стороны психологов, так и со стороны математиков и философов.

Кроме возражений против концепции дискретности сенсорного ряда, выдвигались и другие. Рассмотрим некоторые из них более подробно.

1. Как было показано некоторыми исследователями (например, Кёниг и Бродхун, 1880-е гг.), правило Бугера – Вебера отнюдь не универсально: оно соблюдается лишь в диапазоне средних значений силы раздражителя. В области же низких (а иногда и высоких) значений величина относительного дифференциального порога значительно увеличивается, т. е. способность к различению сигналов существенно снижается.

Фехнер не принял всерьез этого возражения. Ну и что из того, что правило постоянства порогов не выполняется в области низких интенсивностей сигнала? Органам чувств достаточно редко приходится работать в таких условиях. В области же значений стимула, с которой нам приходится сталкиваться практически ежедневно, правило выполняется, и этого вполне достаточно.

2. Серьезное возражение со стороны математиков: какое право имел Фехнер считать величины ΔS и ΔR бесконечно малыми? Это весьма произвольное утверждение. В самом же деле (об этом уже говорилось) дифференциальные пороги для разных модальностей вполне измеримы, а для некоторых из них (вкус, обоняние) достаточно велики. Если это так, то запись правила Бугера – Вебера в виде дифференциального уравнения $dS/S = dR$ вообще неправомерна. Неизвестно, какова была реакция Фехнера на это возражение. Скорее всего, он его попросту игнорировал.

3. При выведении своего закона Фехнер допустил, что величина ΔR , т. е. величина едва заметного различия между стимулами, всегда постоянна. Так ли это на самом деле? Уильям Джеймс, в частности, писал об этом следующее: «Едва заметное ощущение приращения тяжести воспринимается сильнее при добавлении нескольких фунтов к стофунтовому весу, нежели при добавлении нескольких унций к весу в один фунт. Фехнер игнорировал этот факт».

Попытаемся объяснить попроче, что имел в виду У. Джеймс. Если перейти к более привычным для нас мерам веса (или массы) и вспомнить результаты опытов Вебера по различению тяжести

грузов, то можно представить себе две ситуации. Первая: испытуемый сравнивает между собой грузы массой в 100 и 103 грамма; при этом у него возникает ощущение едва заметного различия по тяжести (второй груз кажется ему чуть-чуть тяжелее). Вторая ситуация: испытуемый сравнивает грузы, когда масса одного составляет 10 кг, а другого – 10,3 кг. В данном случае у субъекта также возникает впечатление едва заметной разницы. Вопрос состоит в том, являются ли эти два ощущения субъективно одинаковыми в первом и втором случаях? Скорее всего, нет.

Анализируя этот вопрос, итальянский психолог *Франц Брентано* (1838–1917) [3, с. 226] предположил, что правило Бугера – Вебера справедливо не только для физических величин сенсорного раздражителя ($\Delta S = k \cdot S$), но и для ощущений: $\Delta R = k' \cdot R$. Если мы, вслед за Фехнером, представим уравнение $\Delta R/R = (k'/k) \cdot (\Delta S/S)$ в дифференциальном виде: $dR/R = (k'/k) \cdot (\Delta S/S)$, то интегрирование этого выражения приводит не к логарифмической, а к степенной форме зависимости [6, с. 10]:

$$\ln R = (k'/k) \cdot \ln S \quad \text{или} \quad R = k'' \cdot S^{k'/k}.$$

Не надо быть математиком, чтобы понять, что логарифмическая и степенная формы математической зависимости – это не одно и то же.

Несмотря на многочисленные нападки на «основной психофизический закон», сам автор был абсолютно уверен в своей правоте. Так, в 1877 г. в «Послесловии к “Элементам психофизики”» Фехнер писал: «Вавилонская башня в свое время не была построена, так как рабочие не могли договориться, как ее строить [авторы надеются, что читатель имеет представление об этом библейском сказании]. Мое же психофизическое сооружение (имеется в виду основной психофизический закон) будет стоять вечно, потому что ученые никогда не договорятся, как его разрушить» [9, с. 53].

Насколько бы амбициозным ни казалось утверждение Фехнера, надо отдать должное прозорливости автора. Логарифмический закон Фехнера доказал свою жизнеспособность. Он стал особенно популярным в 1920–1930-е гг., когда нейрофизиологи обнаружили

материальный «субстрат» логарифмической зависимости. Оказалось, что на уровне нервных окончаний (рецепторов), непосредственно воспринимающих внешние раздражители, физическая шкала стимула как бы сжимается, «спрессовывается», причем характер этой трансформации в первом приближении опять-таки можно описать логарифмической функцией. Таким образом, логарифмирование физической шкалы сенсорного сигнала происходит на самых ранних этапах переработки сенсорной информации.

Даже сейчас, через полтора столетия, логарифмический закон Фехнера фигурирует практически во всех учебниках по психологии сенсорно-перцептивных процессов, психофизике, сенсорной физиологии и во многих монографиях, посвященных данной проблеме, а следовательно, он вполне доказал свою жизнеспособность. Таким образом, «вавилонская башня» Густава Теодора Фехнера оказалась действительно незыблемой!

«НОВАЯ ПСИХОФИЗИКА» С. С. СТИВЕНСА. ПСИХОФИЗИЧЕСКОЕ ШКАЛИРОВАНИЕ

1960 год. Психологи разных стран мира отмечают столетие со дня основания психофизики как науки (напомним, что книга Фехнера «Элементы психофизики» впервые вышла в свет в 1860 г.). Известный американский психолог, руководитель лаборатории психофизики Гарвардского университета *Стэнли Смит Стивенс* (1906–1973) выступил с юбилейным докладом, который озаглавил (достаточно амбициозно) следующим образом: «Воздадим честь Фехнеру и пересмотрим его закон» [6, с.11]. В своей речи (а год спустя она была опубликована в одном из престижных международных журналов *Psychophysics*) С. Стивенс объявил закон Фехнера «укоренившимся недоразумением» и заявил о создании собственного психофизического закона (тоже, впрочем, «основного»). По Стивенсу, между ощущением и раздражением существует не логарифмическая, а степенная связь: величина ощущения пропорциональна силе раздражения, возведенной в определенную степень [6, с. 11]:

$$R = k \cdot S^n + C.$$

В отличие от Фехнера, Стивенс вывел свой степенной закон не путем математических выкладок и рассуждений, а непосредственно из результатов эксперимента. Напомним, что теоретически возможность существования такой формы зависимости предсказал еще Брентано в конце XIX в.

По Стивенсу, форма психофизической зависимости для стимулов разной модальности может существенно различаться в зависимости от величины показателя степени n , которая для разных модальностей может варьировать в значительных пределах – от 0,33 (для восприятия яркости и освещенности) до 3,5 (для болевого ощущения при электрическом раздражении кожи). В то же

время внутри каждой модальности показатель степени (иначе, экспонента Стивенса) относительно постоянен.

Психологическую интерпретацию закона Стивенса мы дадим несколько позже, а сейчас попытаемся рассмотреть, какие же экспериментальные данные легли в его основу.

Еще во времена Фехнера параллельно с пороговыми измерениями стали разрабатываться принципиально иные (прямые) методы измерения ощущений – так называемые *методы психофизического шкалирования*. В отличие от методов определения порогов, методы шкалирования предполагают субъективные операции с численным рядом. Испытуемому предлагается ранжировать предъявляемые им стимулы по определенному признаку, подбирать раздражители в определенном количественном соотношении друг к другу, оценивать стимул определенным числом и т. д. Нетрудно понять, что во всех этих случаях речь идет не об измерении ощущений как таковых, а об интеллектуальных операциях над стимулами (если говорить точнее, о количественных (численных) операциях над собственными ощущениями).

Рассмотрим вкратце основные методы шкалирования, придерживаясь в общих чертах временной хронологии их появления.

В 1880-х гг. бельгийский физик *Жан Плато* [6] предложил метод, который позднее получил название *интервального метода* шкалирования. Плато предлагал профессиональным художникам изображать серый цвет, который, по их мнению, находился бы точно «посередине» между белым и черным, т. е. «равноотстоял» бы от того и другого. После этого художники рисовали цвет, промежуточный между белым и серым, серым и черным и т. д. Таким образом, создавалась шкала оттенков серого цвета, которая состояла из субъективно равноотстоящих друг от друга градаций. После этого оставалось измерить, как соотносятся между собой эти градации, но уже не в субъективных, а в физических единицах, путем измерения коэффициента отражения или поглощения света.

В начале XX в. английский психолог *Э. Титченер* [3, с. 260] предложил *метод группировки* (иначе, *категориальный метод* оценки стимула). Суть метода состоит в том, что предъявляемые

испытуемому стимулы должны быть причислены (соответственно их величине) к одной из групп (категорий), число и обозначения которых задаются экспериментатором. Приведем простейшие примеры: 1) предъявляемые грузы, в зависимости от субъективно воспринимаемой тяжести, должны быть отнесены к одной из пяти качественных категорий – «очень легкий», «легкий», «груз средней тяжести», «тяжелый» и «очень тяжелый»; 2) звуки, в зависимости от воспринимаемой громкости, причисляются к категориям «очень тихий», «тихий», «звук средней громкости», «громкий» и «очень громкий» и т. д. Категории могут обозначаться не только качественными определениями, но и числами (например, от 1 до 5) – суть дела от этого мало меняется. Как правило, экспериментатор задает от 2 до 10 таких категорий.

Сама по себе идея группировки не нова: еще древние астрономы ввели шкалу «звездных величин», причисляя небесные тела соответственно их яркости к той или иной категории: самые яркие звезды относили к первой звездной величине, менее яркие – ко второй и т. д. Но только в конце XIX в. с появлением соответствующих измерительных приборов – фотометров – звездные величины стали сопоставляться с реальными физическими показателями – светимостью звезд. По-видимому, впервые такую попытку осуществил *Джастроу* в 1888 г.

Г. Мюнстенбергу приписывают идею метода *кросс-модального подбора (кросс-модального сравнения)* [3, 272]. Метод состоит в том, что испытуемый должен подбирать величину стимулов одной сенсорной модальности пропорционально величине другой модальности (например, яркость света пропорционально громкости звука и т. д.). В середине XX столетия этот метод стал весьма популярным благодаря, в первую очередь, работам *Стивенса* и его сотрудников.

Наиболее простыми и доступными в психофизических исследованиях стали разработанные в лаборатории *С. Стивенса* методы *оценки величины* и *оценки отношений*. Метод оценки величины состоит в том, что испытуемые должны оценивать величину сенсорного раздражителя определенным числом по отношению к стан-

дартному (эталонному) стимулу. Пример: испытуемому демонстрируется стандартный стимул и предлагается присвоить ему значение «10». Затем ему в случайном порядке предъявляются другие стимулы, и субъект должен оценить каждый из них числом по принципу: во сколько раз кажущаяся величина сигнала больше (меньше) стандартной, во столько раз и численное значение должно быть больше (меньше) числа 10. Обычно инструкция хорошо понимается испытуемыми (даже детьми, начиная с 8–10 лет). Тем не менее некоторые испытуемые начинают задавать «наводящие» вопросы: в каком диапазоне он имеет право приписывать те или иные числа (стандартный вопрос: «от скольких до скольких»); можно ли пользоваться дробными значениями или оценка может даваться только в виде целых чисел и т. п. В таких случаях предусматривается общепринятое уточнение к инструкции: «Если вам кажется, что величина стимула втрое больше стандартной, оцените ее числом “30”, если вдвое меньше – числом “5”». Диапазон оценок не ограничен; дробные значения (на ваше усмотрение) тоже допускаются. Единственное ограничение – не оценивать стимулы нулем (если нуль, то сигнала вообще нет) и, тем более, отрицательными числами». После такого уточнения, как правило, вопросов больше не возникает.

Метод оценки отношений еще проще: субъект должен оценить, в каком количественном отношении находятся друг к другу величины двух стимулов, предъявляемых в паре (например, 2 : 1, 3 : 2, 2 : 5 и т. д.).

Кроме вышеуказанных, в течение нескольких десятков лет после Фехнера было предложено еще много методов прямого измерения ощущений – методы *фракционирования* (равноделения) и *мультипликации* (умножения), методы «*установки*» (*продуцирования*) *величины и отношений*, *многомерные и неметрические методы*, *методы оценки сходства и различия* и многие другие. Поскольку в психофизике они используются достаточно редко, мы не будем на них подробно останавливаться.

Как уже говорилось, совокупность всех перечисленных методов прямого измерения ощущений получила общее название *методов*

психофизического шкалирования. Сказать, что шкалирование – это метод конструирования шкал, означает почти ничего не сказать. Поэтому хотелось бы, прежде всего, не вдаваясь в сложные математические рассуждения, дать некоторые понятия о шкалах измерений вообще и о психофизических шкалах в частности.

Что такое *шкала* в общем смысле этого слова? Ориентируясь на наш жизненный опыт, этот термин вроде бы понятен. Если сегодня мы хотим узнать температуру на улице, то смотрим на показания шкалы термометра (в градусах Цельсия). Когда мы ведем автомобиль, для нас важна скорость вождения, которая отражается на шкале спидометра. В последних известиях по телевидению мы иногда слышим о стихийных бедствиях – где-то произошло землетрясение силой во столько-то баллов по шкале Рихтера или ураган силою в N баллов по шкале Бофорта и т. д.

Можно ли дать какое-то универсальное определение шкалы? Математики обычно определяют шкалу как изоморфное отражение эмпирической системы с отношениями в численную систему с отношениями. Мы не будем дискутировать на этот счет, поскольку считаем, что данное определение далеко не полно и разные типы шкал включают в себя не только количественные (численные), но и качественные градации (об этом речь пойдет дальше).

В общем смысле шкала – это упорядоченная совокупность данных. Чем бы ни занимался психолог – экспериментом, наблюдением, опросом, тестированием, анкетированием и пр., упорядочивая результаты своих исследований, он формирует определенную *шкалу*. Шкалы используются во многих областях науки: кроме психофизики – в психометрике, психодиагностике, в социологии и социальной психологии, в экономике и даже в политике. Если, предположим, проведя опрос общественного мнения, вы определяете статус какого-либо политического деятеля, то тем самым вы уже формируете некоторую шкалу.

Независимо от области использования шкал (а следовательно, и методов шкалирования), любые измерительные шкалы можно подразделить на четыре типа [5]: 1) номинальные (шкалы наименований); 2) ординарные (порядковые, ранговые) шкалы; 3) интер-

вальные (шкалы интервалов) и 4) шкалы отношений. Рассмотрим каждую из них более подробно.

Номинальные шкалы (шкалы наименований) являются классификационными шкалами. Все изучаемые объекты (предметы, явления, события и пр.) можно классифицировать по определенному признаку: например, испытуемых – по социальному статусу (*A* – дошкольники, *B* – школьники, *C* – студенты, *D* – работающие, *E* – пенсионеры и т. д.). Цвет воспринимаемых объектов мы можем отнести к категориям: *A* – красный, *B* – зеленый, *C* – синий и пр. Качества вкусовых веществ подразделить на: *A* – сладкие, *B* – горькие, *C* – кислые, *D* – соленые и т. д.

Простейшим примером номинальной шкалы является *дихотомическая шкала* (от греч. «делить надвое»), где исследуемые объекты могут быть разделены только на две категории: по полу (*A* – мужчина, *B* – женщина); по отношению к религии (*A* – верующий, *B* – атеист); по выраженности агрессивных тенденций (*A* – агрессивный, *B* – не имеющий склонности к агрессии); по характеру направленности личности (*A* – экстраверт, *B* – интроверт) и т. п.

Особенностью номинальных шкал является то, что обозначения категорий совершенно произвольны, и ни одна из них не имеет преимуществ (количественных) перед другой. Просто это разные классы, группы, категории.

Ранговые (порядковые) шкалы предполагают ранжирование объектов (субъектов) по определенному признаку. Примеры: 1) призовые места, занятые спортсменами по результатам соревнования или учениками в школьной олимпиаде; 2) ранжирование солдат по росту в воинской шеренге; 3) ранжирование школьников по среднему баллу успеваемости и др. Особенностью ранговых шкал является то, что задается лишь порядок следования субъектов (объектов) друг за другом по определенному признаку, но не ставится вопрос о степени различия между соседними элементами ряда. Члены ранговой последовательности могут обозначаться лишь положительными целыми числами (дробные числа не допускаются), и никакие перестановки внутри ранжированного ряда не допускаются. Возможна лишь инверсия шкалы, т. е. поворот ее на 180 градусов.

Интервальные шкалы. В качестве простейшего примера шкалы интервалов можно привести температурную шкалу градусов Цельсия. На интервальной шкале можно определить не только порядок следования, но и степень различия между двумя значениями. Предположим, если вчера на улице было $+5^{\circ}\text{C}$, а сегодня $+10^{\circ}\text{C}$, то мы можем с уверенностью сказать, что сегодня на 5 градусов теплее, чем вчера. В то же время мы не можем утверждать, что сегодня вдвое теплее. Если кто-то в этом сомневается, попробуйте оценить отношение между -2 и $+3$ градусами. Определять отношения величин на интервальной шкале нельзя по той причине, что ноль – это произвольно выбранная точка, которая не указывает на полное отсутствие измеряемого свойства (например, температура 0 градусов по Цельсию не есть полное отсутствие температуры). В качестве доказательства можно привести также сравнение со шкалой Фаренгейта, которая до сих пор используется в некоторых англоязычных странах (так, перевод температур $+5$ и $+10$ градусов по Цельсию в шкалу Фаренгейта не будет соответствовать их отношению $1:2$).

Шкалы отношений. В отличие от интервальных, эти шкалы имеют естественную точку отсчета (ноль на шкале отношений означает полное отсутствие измеряемого признака). Так, длина 0 метров – это отсутствие длины, масса 0 килограмм – отсутствие массы и т. д. Шкалами отношений является подавляющее большинство физических шкал – длина, расстояние, площадь, объем, масса, сила света, звука и т. д. Шкалы отношений предполагают и порядок следования, и определение различий и отношений.

В чем же состоит особенность *психофизических* шкал (в отличие от шкал социометрических, психодиагностических и др.)? Как показывает само название, психофизические шкалы – это шкалы с двойной метрикой. С одной стороны здесь фигурирует сенсорный раздражитель, величину которого можно измерить в общепринятых физических единицах, с другой стороны – оценки, суждения, количественные или качественные категории, основанные на субъективных ощущениях. Суть психофизического эксперимента в данном случае состоит в следующем. Приведем пример. Испы-

туемому предъявляются (как правило, в случайном порядке) звуковые сигналы разной интенсивности в пределах всей надпороговой области. Задача испытуемого состоит в том, чтобы, ориентируясь на ощущение субъективной громкости звука, отнести каждый из них к одной из пяти категорий (качественных или количественных): 1 – очень тихий звук, 2 – тихий, 3 – звук средней громкости, 4 – громкий и 5 – очень громкий звук. Напомним, что это метод группировки (категоризации), предложенный в начале XX столетия Э. Титченером.

Возможные результаты такого эксперимента представлены на рис. 4.

Другими словами, можно сказать, что с помощью методов психофизического шкалирования экспериментатор как бы «градуирует» сенсорное «пространство ощущений» по отношению к соответствующей физической шкале, имеющей вполне определенную численную метрику.

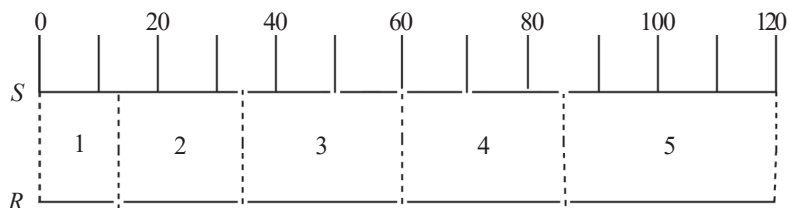


Рис. 4. Пример конструирования психофизической шкалы субъективной оценки громкости звукового сигнала [5]

Различные методы психофизического шкалирования, о которых говорилось выше, могут формировать разные типы измерительных шкал: *шкалы отношений* (методы оценки величины и отношений, фракционирование и мультипликация), *интервальные шкалы* (интервальный метод Плато), *ранговые шкалы* (категориальный метод), *номинальные шкалы* (методы многомерного и неметрического шкалирования).

Именно результаты опытов с использованием различных методов шкалирования, полученные в разные годы разными авторами,

позволили С. Стивенсу сформулировать степенной закон, согласно которому «величина ощущения пропорциональна силе раздражителя, возведенной в определенную степень»:

$$R = k \cdot S^n + C.$$

С примерами степенной зависимости мы знакомы еще со средней школы. Так, уравнение $y = x^2$ предполагает, что функция y возрастает пропорционально квадрату аргумента x , уравнение $y = x^{0,5}$, что функция пропорциональна корню квадратному от аргумента и т. д.

Не надо быть математиком, чтобы понять, что основным показателем в формуле Стивенса является значение экспоненты n , которое и определяет конкретный тип связи между физическими и субъективными величинами. Если показатель степени меньше единицы, то прирост ощущения (субъективного суждения) отстает от прироста силы раздражителя, если $n > 1$, наоборот, растет быстрее физической величины.

На рис. 5 представлено семейство степенных функций Стивенса для стимулов разной сенсорной модальности. Можно видеть, что они весьма существенно отличаются друг от друга. Так, для субъективной оценки яркости света ($n = 0,33$), громкости звука ($n = 0,67$), интенсивности вкусового ощущения ($n = 0,8$) функции имеют монотонный вид с уменьшающейся крутизной (т. е. субъективная оценка «отстает» от реального увеличения физического стимула). В то же время для оценки болевого ощущения ($n = 3,5$), ощущения собственного ускорения ($n = 1,7$) и тяжести поднимаемого груза ($n = 1,3$) картина обратная (субъективная оценка растет быстрее по отношению к раздражителю).

Имеет ли закон Стивенса какой-либо психологический (а возможно, даже общебиологический) смысл? Несомненно! Проиллюстрировать этот факт мы попытаемся на примере двух «полярных» функций, занимающих на рис. 5 крайние позиции: з) субъективная оценка освещенности ($n = 0,33$) и а) оценка болевого ощущения при воздействии электрического тока на поверхность кожи ($n = 3,5$).

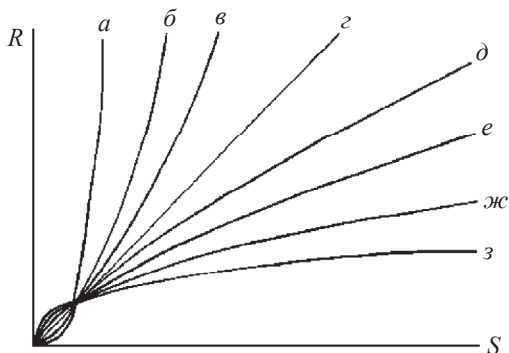


Рис. 5. Семейство степенных функций Стивенса для стимулов разной сенсорной модальности:

a – болевое ощущение ($n = 3,5$); *б* – чувство ускорения ($n = 1,7$); *в* – тяжесть груза ($n = 1,3$); *г* – длина линий ($n = 1,0$); *д* – вкусовое ощущение ($n = 0,8$); *е* – громкость тонального звука ($n = 0,67$); *ж* – яркость точечного источника света ($n = 0,5$); *з* – освещенность светового пятна (круг размером в 3 угл. град.) ($n = 0,33$) [6, с. 12]

Что реально означает степенная функция с показателем 0,33? Она означает, что величина ощущения (оценки) растет пропорционально корню третьей степени от величины стимула. Говоря проще, если освещенность возрастает в 10 раз, то ощущение – всего в 2,1 раза; освещенность – в 100 раз, ощущение – в 4,6 раза и т. д. Даже если уровень освещенности возрастает в 1 млн раз, то величина оценки – всего в 95,5 раза!

Представим себе две реальных ситуации. Первая: вы выходите темной ночью на улицу. Нет фонарей, луны, никаких других источников освещения, кроме света звезд. Если в этом случае мы используем самые точные фотометрические приборы, то сможем определить, что уровень освещенности на улице не превышает 0,001–0,01 люкса. Это тот минимальный предел освещенности, при котором еще может (правда, в весьма ограниченных пределах) функционировать зрительная система. Другая ситуация: жаркий, безоблачный летний день, море, пляж, солнце в зените. Попробуем определить уровень освещенности в этом случае – «всего» каких-нибудь сотни тысяч люксов. Впечатляет?! Представьте себе:

если бы зрительная система функционировала по линейному закону – освещенность возрастает в миллионы раз и наше ощущение тоже. Это означало бы, что активность наших нервных клеток тоже увеличивается в миллионы раз. Страшно подумать! Это же громадная перегрузка для нервной системы. Таким образом, такая, казалось бы, немислимая трансформация субъективной шкалы ($R = k \cdot S^{0,33}$) имеет вполне определенный смысл, срабатывая в качестве физиологического защитного механизма.

Другой пример – болевое ощущение. Согласно закону Стивенса, величина показателя степени в данном случае равна 3,5. Другими словами, если болевой раздражитель возрастает вдвое, то ощущение – в 11,3 раза, раздражитель возрастает в 4 раза – ощущение в 128 раз, раздражитель в 10 раз – ощущение в 3 162 раза! Чтобы проверить эти несложные выкладки, можно воспользоваться обычным калькулятором. Этот факт также экспериментально доказан. Используя метод оценки отношений, в лаборатории Стивенса в свое время была проведена целая серия таких опытов. Не думаем, что испытуемые – добровольцы (по вполне понятным причинам) испытывали бурное желание участвовать в таких экспериментах, но это к делу не относится. Опыт проводился следующим образом. На один из пальцев испытуемого надевали медное или латунное колечко, присоединяли его к источнику тока и стимулировали короткими электрическими импульсами постоянного тока. Если на палец подавался ток силой в 1 мА (миллиампер), то субъект ощущал лишь едва заметное покалывание (эта величина близка к абсолютному порогу болевого ощущения). Когда силу тока повышали до 2 мА, испытуемые утверждали, что субъективное (болевое) ощущение усилилось в 10–15 раз. Если мысленно продолжить эксперимент (не подумайте, что Стивенс был садистом – он проводил подобные эксперименты в разумных рамках) и задать силу тока в 5 мА, то уверяем вас, что даже отъявленные мазохисты будут вопить от боли (это значение уже близко к порогу невыносимой боли). Ну а если силу тока поднять до 10 мА, то, как говорится, одним испытуемым на свете будет меньше – он просто погибнет от болевого шока!

В чем биологический смысл такого «растягивания» субъективной шкалы болевого ощущения? Надо напомнить, что боль – это совершенно особая сенсорная модальность. Как утверждают биологи, в истории эволюции – это наиболее древнее чувство из всех существующих. Боль – это сигнал опасности. Это сигнал того, что в организме что-то неблагополучно и что организм должен приложить все усилия, чтобы устранить источник боли или, напротив, устраниться от него. Разумно? Несомненно! Хотя надо отметить, что болевая чувствительность – это вещь не на сто процентов совершенная. Иногда небольшие неполадки в организме (например, воспаление пульпы зуба) приносят невыносимые страдания и заставляют человека «лезть на стенку», а иногда – наоборот: многие онкологические заболевания вызывают болевые ощущения лишь на самых последних стадиях болезни.

Обратимся еще раз к рис. 5. Можно видеть, что степенные функции для стимулов других сенсорных модальностей (слуховое, вкусовое ощущение, оценка тяжести груза и пр.) занимают промежуточное положение между двумя крайними вариантами, которые обсуждались выше. В любом случае смысл состоит в том, чтобы «подогнать» физический диапазон стимула, в котором мы можем его ощущать, к субъективному диапазону ощущений, суждений, оценок, который, очевидно, является достаточно стабильным, так как формируется в процессе накопления жизненного опыта субъекта. «Коэффициентом же сопряжения» между субъективной и физической шкалами как раз и является величина показателя степени в законе Стивенса.

На рис. 5 обращает на себя внимание также функция с показателем степени, равным единице (в данном случае – это функция оценки длины линий). Не надо долго доказывать, что $R = k \cdot S^1$ – это то же самое, что $R = k \cdot S$ (число, возведенное в первую степень, равно само себе). Другими словами, между величиной стимула и его субъективной оценкой существует прямая зависимость (оценка пропорциональна стимулу). С показателем степени, равным единице, оцениваются, прежде всего, пространственные и временные характеристики объектов (длина, ширина, расстояние,

длительность и пр.). С показателем, близким к единице, субъект оценивает также такие качества объектов, как гладкость – шероховатость, твердость – мягкость, текучесть – вязкость (на этот счет вспомним идею Дж. Локка о «первичных» и «вторичных» качествах вещей).

Степенной закон Стивенса не избежал той же участи, что и логарифмический закон Фехнера, т. е. он также неоднократно подвергался критике, в первую очередь со стороны коллег – психофизиков. Так, было показано, что величина показателя степени даже для одной и той же сенсорной модальности у разных испытуемых может варьировать в значительных пределах. Она зависит также от особенностей инструкции эксперимента, от ширины диапазона стимулов, в котором осуществляется шкалирование, от порядка предъявления стимулов в данном диапазоне, а также от многих других нюансов проведения эксперимента. Особенно жестко на этот счет со Стивенсом полемизировал *Пултон* (1967), который ввел понятие «эффекты (феномены) психофизического шкалирования», объявив при этом закон Стивенса несостоятельным [1].

В заключение данного обзора мы бы хотели в предельно популярной форме обсудить вопрос, имеет ли закон Стивенса право на существование или на самом деле является, как считал Пултон, фикцией (или, в лучшем случае, результатом усреднения данных, полученных на больших группах испытуемых). Отсюда вытекает и другой вопрос: имеет ли степенной закон какую-либо прогностическую ценность, может ли он быть использован в прикладных исследованиях?

Психология, как мы уже отмечали, не может похвастаться обилием своих собственных законов и закономерностей, тем более, сформулированных в точных математических терминах и выкладках. Другое дело, например, физика, которая этими законами просто изобилует. Приведем наглядный пример. Всем известен закон ускорения свободного падения, который был сформулирован еще Исааком Ньютоном. В существовании этого закона, как мы надеемся, никто не сомневается. Предположим, используя закон ускорения свободного падения, мы хотим вычислить траекторию пара-

шютиста, прыгающего с самолета, и с максимальной точностью предсказать момент и точку его приземления. Для того чтобы наш прогноз оказался верен (хотя бы приблизительно), мы должны учесть достаточно много дополнительных переменных: 1) направление и скорость движения самолета в момент прыжка; 2) площадь парашюта, от которой зависит скорость движения при приземлении; 3) массу самого парашютиста; 4) направление и скорость ветра и вихревых потоков и т. д.

Какое отношение имеет приземление парашютиста к закону Стивенса? Для того чтобы степенной закон имел прогностическую ценность в каждом конкретном случае и применительно к каждому конкретному испытуемому, мы также не обойдемся без соответствующих поправок: должны быть учтены методические особенности эксперимента, возможности используемой аппаратуры, пол и возраст испытуемого, степень его мотивации (заинтересованность в проведении эксперимента), функциональное состояние (в частности, эмоциональный «настрой» субъекта, степень его утомления) и пр. Именно это направление (изучение внутренних детерминант поведения испытуемого в психофизиологическом эксперименте) и является одним из основных направлений современной психофизики.

И, наконец, последнее. Противоречат ли друг другу два «основных» психофизических закона – логарифмический закон Фехнера и степенной закон Стивенса? Этому вопросу также было посвящено достаточно много научных исследований (в частности, эта проблема являлась «ядром» докторской диссертации одного из авторов (В. И. Лупандина), которая была защищена в 1991 г.).

На сегодняшний день можно утверждать почти однозначно: закон Фехнера и закон Стивенса не только не находятся в противоречии – в известном смысле они взаимодополняют друг друга, так как описывают разные уровни субъективного отражения внешнего мира. Если закон Фехнера описывает закономерности простого различения сигналов (т. е. непосредственно связан с ощущением), то закон Стивенса связан с более высоким уровнем – опознанием, категоризацией, ранжированием, оценкой, суждением о стимуле, т. е. учитывает интеллектуальные (мыслительные) операции с сенсорными раздражителями.

ПСИХОФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Одним из направлений психофизики является моделирование сенсорно-перцептивных процессов (или так называемого «сенсорно-перцептивного континуума», т. е. «пространства» наших субъективных образов), которое, как отмечалось ранее, не всегда соответствует пространству физических раздражителей. Наиболее простые модели имеют вид разнообразных геометрических (двух- или трехмерных) фигур, которые хорошо понятны и легко интерпретируемы, поскольку мы привыкли воспринимать предметы на плоскости или в трехмерном евклидовом пространстве. Более сложные модели по сути представляют собой математические описания сенсорно-перцептивных процессов, основаны на методах многомерной статистики и доступны лишь узким специалистам.

В данной главе мы попытаемся коснуться наиболее простых психофизических моделей, понимание которых не требует специальной математической подготовки.

Самую первую психофизическую модель (очевидно, сам того не ведая) предложил *Ньютон* [3, с. 145]. Он обратил внимание на то, что наиболее отстоящие друг от друга цвета спектра (вспомним хотя бы радугу) значительно более похожи друг на друга, чем те, которые расположены в середине. Наверно, все согласятся с тем, что красный и фиолетовый цвета субъективно более сходны, чем, скажем, красный и зеленый или фиолетовый и зеленый.

Согласно современным представлениям, качество воспринимаемого цвета зависит от длины волны излучаемых (или отражаемых) ими электромагнитных колебаний. При этом самые короткие волны (400–450 нм) субъективно воспринимаются как фиолетовый цвет, более длинные (480–500 нм) – как синий и голубой, затем следует зеленый (540 нм), желтый (600 нм), оранжевый (630 нм) и, наконец, красный (720 и более нанометров). Говоря о сходстве красного и фиолетового цветов, мы можем представить и промежуточ-

ный между ними темно-пурпурный цвет. В связи с этим Ньютон предположил, что в нашем восприятии спектральные цвета создают как бы замкнутый круг, образуя непрерывные переходы от одного цвета к другому. Модель Ньютона в виде цветового круга представлена на рис. 6, а. В центре этого круга расположен белый цвет, а на периферии (по окружности) спектральные цвета – красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, фиолетовый и пурпурный, который в свою очередь снова переходит в красный. Таким образом, по окружности изменяется то, что мы называем цветовым тоном, а по радиусам – степень насыщенности цвета [5, с. 75].

В середине XIX в. Юнг и Максвелл [3, с. 360] видоизменили модель Ньютона, представив субъективное «цветовое пространство» в виде равностороннего треугольника (рис. 6, б). Суть осталась прежней: по сторонам треугольника (так же, как и по окружности цветового круга Ньютона) изменяется цветовой тон, а от центра к периферии – насыщенность данного цвета. Почему модель Ньютона не удовлетворила исследователей? По одной простой причине: они отстаивали трехкомпонентную теорию цвета, согласно которой «основными» цветами являются красный, зеленый и синий, остальные же являются переходными, промежуточными между ними.

В 20-х гг. прошлого столетия стало очевидным, что двумерные (плоскостные) модели цветового зрения не исчерпывают всего многообразия воспринимаемых нами цветов и оттенков; особенно это касается цветов, отражаемых окрашенными поверхностями (например, бурый, коричневый, кирпичный и другие цвета с разной степенью зачернения). Другими словами, если в двумерных моделях учитываются только два измерения цвета – цветовой тон и насыщенность, то в реальности необходимо учитывать и третье измерение – «светлоту» (*lightness* в англоязычной терминологии). А поскольку психофизические модели цветового зрения к тому времени уже перестали быть просто «разминкой для ума» и стали использоваться в прикладных исследованиях, в психофизике стали разрабатываться объемные, трехмерные модели.

На рис. 6, в изображен «цветовой цилиндр» Мензелла. Он представляет собой как бы стопку наложенных друг на друга кругов Ньютона с разной степенью зачернения (по оси цилиндра меняется светлота – от белого к черному через все оттенки серого цвета). Цвета, отсутствующие в двумерных моделях, в цилиндре Мензелла нашли свое место. Но вот в чем беда: те части цилиндра, которые примыкают к чисто белому и чисто черному цветам, вообще не заполнены реальными цветами. Другими словами, такие цвета в нашем субъективном восприятии вообще не существуют. В самом деле, попробуйте представить себе черно-желтый, черно-розовый или, скажем, бело-фиолетовый цвет. Не получается? В связи с этим, несмотря на все достоинства цилиндрической модели Мензелла, психофизики продолжали искать другие варианты.

Одним из вариантов корректировки модели Мензелла является модель известного немецкого физика *Оствальда* («конусы Оствальда», рис. 6, г). Она представляет собой два конуса, соединенных своими основаниями. Суть модели та же, что и в цилиндрической модели Мензелла: по длинной оси конусов изменяется светлота (степень зачернения) по радиусам – насыщенность, а по окружности – цветовой тон. Преимущества модели в том, что несуществующим цветам, которые присутствуют в модели Мензелла, вообще нет места, т. е. они автоматически отсечены.

Для тех, кто заинтересовался моделями цветового зрения, можем порекомендовать фундаментальный труд *Ч. Пэдхема* и *Дж. Сондерса* «Восприятие света и цвета» (М., 1978).

В плане конструирования различных моделей цветового зрения не отстали и наши отечественные психологи и психофизики. Так, московские исследователи *Е. Н. Соколов* и *Ч. А. Измаилов* предложили сферическую модель. Несколько упрощая вопрос (поскольку модель является уже не трех-, а четырехмерной), можно пояснить ее так. Представьте себе глобус, раскрашенный всеми существующими цветами. На Северном полюсе – белый цвет, на Южном – черный. По параллелям и экватору изменяется цветовой тон (так же как в моделях Мензелла и Оствальда), а по меридианам – степень зачернения цвета. Если мы к тому же пред-

ставим, что в этот глобус, как матрешки друг в друга, вложены еще десятки таких сфер, то увидим, что эти сферы будут отличаться друг от друга по степени насыщенности цвета.

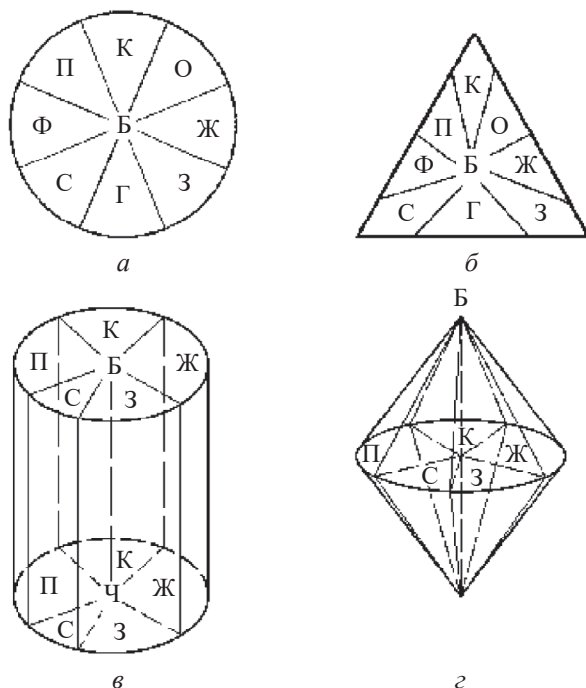


Рис. 6. Некоторые психофизические модели цветового зрения:

а – цветовой круг Ньютона; б – цветовой треугольник Юнга – Максвелла; в – цилиндр Мензелла; з – конусы Оствальда. Обозначения цветов: Б – белый, Ч – черный, К – красный, О – оранжевый, Ж – желтый, З – зеленый, Г – голубой, С – синий, Ф – фиолетовый, П – пурпурный [6, с. 80]

Достаточно интересны психофизические модели для восприятия вкусовых и запаховых раздражителей. Так, известно, что пищевые вещества, способные вызывать у нас вкусовые ощущения, отличаются друг от друга по своему субъективному вкусовому качеству. Сколько же существует различных вкусовых качеств? Разными учеными вопрос решался по-разному. Так, *Аристотель* в свое время выделял 8 основных вкусовых качеств, включая сюда

и те, которые, по сути, вкусовыми качествами и не являются (маслянистое, терпкое, вяжущее и др.). *Карл Линней* выделял 9 вкусовых качеств, *М. В. Ломоносов* – 5 (сладкое, горькое, кислое, соленое и острое) и т. д. Только в XIX столетии специалисты пришли к выводу, что существует лишь четыре основных вкуса – сладкий, кислый, горький и соленый, все же остальные являются промежуточными или получаются при смешении в определенных пропорциях «основных» вкусов.

В 1916 г. *Хеннинг* предложил модель субъективного восприятия вкуса (субъективного вкусового «пространства») в виде равносторонней четырехгранной пирамиды («пирамида вкусов» *Хеннинга*, рис. 7, а). На вершинах этой пирамиды расположены 4 основных вкуса, а все остальные размещаются на ребрах и гранях пирамиды или, в крайнем случае, внутри нее. Проверка модели *Хеннинга* с использованием современных психофизических методов (неметрическое шкалирование) показала ее жизнеспособность (правда, с некоторыми оговорками). Так, оказалось, что вкусовая пирамида не является равносторонней, т. е. не имеет вид правильного тетраэдра – субъективное «расстояние» между сладким и кислым вкусом оказалось почти вдвое меньше, чем между сладким и горьким (опираясь на свой жизненный опыт, вы наверно согласитесь, что сладкое и кислое имеют больше сходства, чем, скажем, сладкое и горькое или сладкое и соленое).

В 1924 г. *Хеннинг* предложил аналогичную модель для субъективного пространства запахов. Следует отметить, что проблема классификации запахов еще сложнее, чем классификация вкусов. Несмотря на обилие моделей и классификации, начиная с работы *Зваардемекера* (1927), эта проблема до сих пор не получила окончательного разрешения. Модель *Хеннинга* имела вид трехгранной призмы, на вершинах которой располагаются 6 основных запахов – фруктовый, цветочный, пряный, смолистый, горелый и гнилостный (рис. 7, б). Все же многообразие воспринимаемых нами запахов, по *Хеннингу*, является результатом смешения шести основных.

В отличие от «пирамиды вкусов» «призма запахов» в результате ее экспериментальной проверки оказалась несостоятельной.

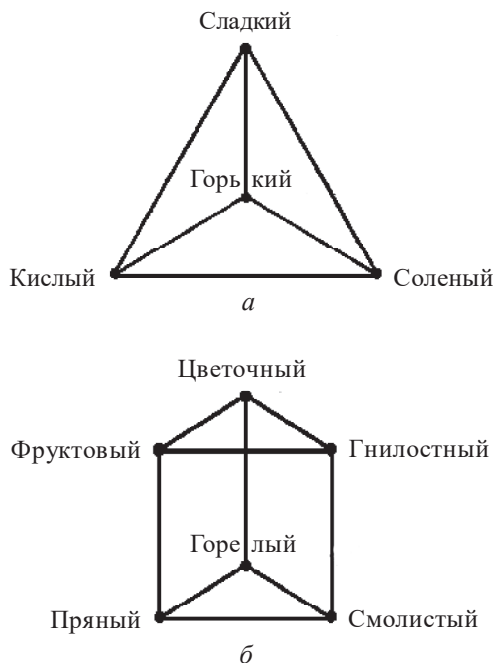


Рис. 7. Психофизические модели восприятия вкуса и запаха:
 а – пирамида вкусов; б – призма запахов Хеннинга [6, с. 114]

В 1970-х гг. *Шиффман* и *Эриксон* показали, что субъективное пространство запахов невозможно вместить в трехмерную структуру, и полное описание его требует введения четырех- или даже пятимерной модели.

Существуют психофизические модели и для других видов восприятия (например, модель субъективного восприятия тонального звука в виде трехмерной, разворачивающейся в пространстве спирали (*Шепард*), векторная модель восприятия (*Е. Н. Соколов*), многомерная модель восприятия времени (*О. Е. Сурнина*) и др.). Как уже отмечалось, далеко не все из них могут быть представлены в такой наглядно-образной форме, как модели цветового зрения, вкуса и обоняния – некоторые из них основаны на математическом моделировании в многомерном пространстве признаков.

Создание разнообразных психофизических моделей – далеко не пустое времяпрепровождение, хотя во времена Аристотеля, а позднее Ньютона они, вероятно, были лишь игрой ума или воображения. В XX столетии эти модели сыграли немаловажную роль в разрешении таких практических вопросов, как международная стандартизация цвета (модели Мензелла и Оствальда), диагностика врожденных аномалий цветовосприятия (дальтонизма) (модель Соколова – Измайлова), слуховых, вкусовых, обонятельных нарушений и т. д. Более подробно использование психофизических методов, моделей и закономерностей в прикладных исследованиях будет рассмотрено нами в следующей главе.

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ПСИХОФИЗИКИ

Все предыдущие главы были посвящены, в основном, теоретическим вопросам психофизики. Имеют ли все эти научные изыскания практическое, прикладное значение? Несомненно. В данной главе будут рассмотрены прикладные аспекты пороговых измерений, методов психофизического шкалирования и психофизического моделирования.

Пороговые измерения

Измерение порогов чувствительности используется на практике, по меньшей мере, в трех основных аспектах – клиническом, возрастном и профессиональном.

Клинический аспект касается диагностики различных расстройств со стороны органов чувств (нарушений световой чувствительности, остроты зрения, цветоощущения, частичной глухоты (тугоухости), а в более редких случаях – нарушений кожно-кинестической и вестибулярной чувствительности, вкуса и обоняния). Действительно, многие патологические процессы, затрагивающие органы чувств (как рецепторный аппарат, так и центральные отделы сенсорных систем), как правило, сопровождаются повышением абсолютных и дифференциальных порогов. Рассмотрим наиболее характерные примеры.

1. Метод адаптометрии и кривая темновой адаптации.

Если человек находится в условиях абсолютной темноты, то его световая чувствительность прогрессивно увеличивается (другими словами, абсолютный порог чувствительности в течение 30–40 минут снижается в 50–100 тыс. раз). Всем нам приходилось испытывать такое чувство: если мы выходим из освещенной комнаты на темную улицу, то в первые секунды лишь очень смутно различаем контуры и силуэты, однако спустя несколько минут как бы «прозреваем» и начинаем воспринимать окружающие предметы

все более отчетливо. На этом основан метод адаптометрии, по результатам которого строится адаптометрическая кривая (кривая темновой адаптации). Адаптометрическая кривая человека с нормальным зрением показана на рис. 8. Можно видеть, что снижение абсолютного порога происходит неравномерно. В течение первых 7–8 минут происходит адаптация колбочек, и порог снижается в 50–100 раз. В дальнейшем к темноте начинают адаптироваться палочки, и примерно через полчаса уровень порога снижается еще на 3 порядка, достигая минимально возможных величин.

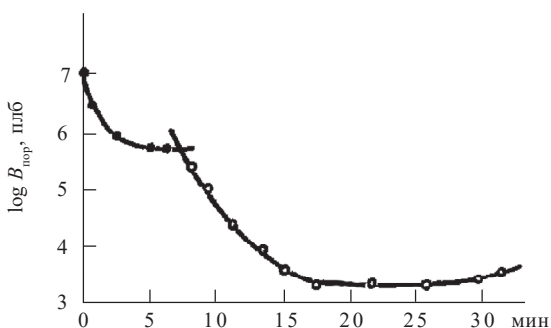


Рис. 8. Кривая хода темновой адаптации во времени:

ветвь с заштрихованными кружками отражает работу колбочек, с незаштрихованными — палочек сетчатки глаза; по оси абсцисс — время темновой адаптации в минутах, по оси ординат — уровень абсолютного порога световой чувствительности в логарифмических единицах; плб — пиколамберты (в прошлом — мера уровня освещенности) [6, с. 70]

Метод адаптометрии используется в диагностических целях и позволяет установить не только сам факт снижения световой чувствительности, но и выяснить его причины. Если, например, чувствительность снижается при патологии светопроводящих путей (помутнение роговицы, хрусталика, стекловидного тела), то форма адаптометрической кривой не изменяется, однако она смещается вверх (общее повышение абсолютных порогов), а иногда уплощается, что свидетельствует о повышении порога на всем ее протяжении. Если же патологический процесс захватывает палочки или колбочки (например, при пигментной дегенерации сетчатки),

то, соответственно, сглаживаются или полностью исчезают та или иная «ветви» – палочковая или колбочковая, и кривая приобретает несвойственный ей вид.

2. Определение абсолютных порогов слуховой чувствительности.

Тугоухость (частичная глухота) – явление довольно частое. Возрастные изменения (отосклероз), последствия инфекционных заболеваний и лечения некоторыми антибиотиками, травматические поражения, многолетняя работа в условиях производственных шумов – вот далеко не полный перечень причин нарушений слуха, зачастую прогрессирующих и приводящих в конечном счете к полной глухоте.

Существуют достаточно простые способы диагностики тугоухости и определения ее возможных причин. Так, уже полтора столетия клиницисты используют для этой цели камертонные пробы Рине и Вебера. *Проба Рине* служит для сравнения абсолютных порогов воздушной и костной проводимости. Звучащий камертон укладывают основанием на сосцевидный отросток височной кости (позади ушной раковины). Вследствие того, что звуковые колебания хорошо проводятся через кости черепа, испытуемый слышит звук, громкость которого постепенно ослабевает (уменьшается амплитуда колебаний ножек камертона). В тот момент, когда испытуемый перестает слышать звук, ножки камертона подносят непосредственно к ушной раковине. Звук снова становится слышен: порог воздушной проводимости ниже, чем костной. В этом случае говорят, что проба Рине положительна – для здорового человека так и должно быть. У человека же с нарушением слуха проба Рине может быть как положительной, так и отрицательной. Отрицательная проба бывает при поражении барабанной перепонки или слуховых косточек: порог воздушной проводимости повышается и сравнивается с порогом костной проводимости (звук камертона, поднесенного к уху, больной не слышит). Положительная же проба Рине у человека с тугоухостью свидетельствует о поражении рецепторов (волосковых клеток кортиевого органа, расположенных во внутреннем ухе): пороги и воздушной, и костной проводимости одинаково повышены.

Проба Вебера чаще используется при диагностике односторонних нарушений слуха. Она состоит в том, что основание звучащего камертона устанавливают на макушку черепа (*vertex*). При этом здоровый испытуемый слышит звук точно посередине головы; при патологии же звук субъективно смещается в сторону здорового или больного уха, что также является хорошим диагностическим признаком.

Более точный и надежный метод диагностики слуховых нарушений – *метод аудиометрии*, который заключается в построении *частотно-пороговых кривых* (ЧПК) – кривых зависимости абсолютного порога от частоты звуковых колебаний. Типичная ЧПК человека с нормальным слухом представлена на рис. 9.

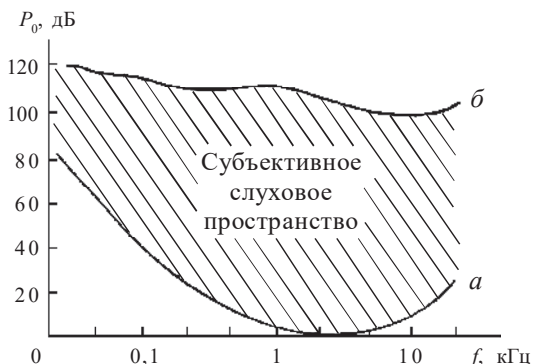


Рис. 9. Частотно-пороговая кривая (*а*), кривая неприятных ощущений (*б*) и субъективное слуховое пространство у человека с нормальным слухом: по оси абсцисс (в логарифмическом масштабе) – частота звуковых колебаний в килогерцах; по оси ординат – уровень абсолютного порога слышимости в децибелах [6, с. 91]

Можно видеть, что в среднем диапазоне частот (приблизительно от 1 до 5 кГц; 1 кГц соответствует 1 000 колебаний в секунду) пороги наиболее низкие, что соответствует зоне наилучшей слышимости, а в области высоких и в еще большей степени – в области низких частот чувствительность ухудшается. На рис. 9 приведена также *кривая неприятных ощущений* (КНО), которая ограничивает слуховой диапазон сверху (область чрезмерно громких

звуков). ЧПК и КНО ограничивают надпороговую область, т. е. область слышимых звуков, которую иногда называют *субъективным слуховым пространством*.

У людей с ухудшенным слухом субъективное слуховое пространство сужается за счет того, что ЧПК смещается вверх (часть прежде надпороговой области переходит в подпороговую), а кривая неприятных ощущений практически остается неизменной. Вот почему многие тугоухие люди напрягают слух, если с ними разговаривают нормальным голосом; если же повысить голос, то они могут заявить: «Не кричи, я и так все хорошо слышу!» Объяснение этого феномена очень простое: звуки, едва превышающие абсолютный порог, больными воспринимаются уже как громкие.

Как правило, люди с тугоухостью перестают разборчиво воспринимать речь. Это тоже можно объяснить повышением порогов: часть звуков речи остаются в надпороговой области, а часть переходит в подпороговую.

Иногда ЧПК (а следовательно, и субъективное слуховое пространство) может укорачиваться справа – со стороны высоких частот. Особенно это характерно для людей, длительное время проработавших на шумном производстве. В наиболее тяжелых случаях человек вообще не способен воспринимать звуки с частотой выше 10–12 кГц.

3. Диагностика цветоаномалий.

Наиболее распространенным видом нарушения цветового восприятия (цветоощущения) является дальтонизм. *Дальтонизм* – это обобщенное название различных форм нарушений цветоощущения, от нарушения способности различать между собой близкие оттенки того или иного цвета (*аномальная трихромазия*) до такой степени нарушений, когда человек воспринимает окружающий мир в черно-белом изображении (*монохромазия*).

Одним из наиболее точных и надежных методов исследования цветоощущения является *метод аномалоскопии*. Аномалоскоп – прибор, устроенный таким образом, что, глядя в окуляр, испытуемый видит круглое цветное поле, разделенное на две половины. Задача испытуемого состоит в том, чтобы, вращая рукоятку

прибора, устанавливать точное совпадение этих половин по цвету либо подбирать такое положение, когда левая и правая части цветового круга едва заметно различаются между собой. Как говорилось ранее, это метод средней ошибки при определении дифференциальных порогов чувствительности. Экспериментатор отмечает показания шкалы прибора для разных цветов и сравнивает их со стандартными (нормативными) значениями. Если расхождения значительны, то это позволяет диагностировать ту или иную аномалию цветового зрения.

На рис. 10 представлена кривая изменения дифференциальных порогов цветоощущения в зависимости от длины волны воспринимаемого света. Можно видеть, что три минимума на кривой соответствуют основным цветам спектра (сине-фиолетовому, зеленому и красному). В участках же «переходных» цветов дифференциальные пороги повышены. Такая картина имеет место у человека с нормальным цветовым зрением. При нарушении же цветоощущения кривая дифференциальных порогов в отдельных участках или на всем ее протяжении сглаживается, дифференциальные пороги повышаются.

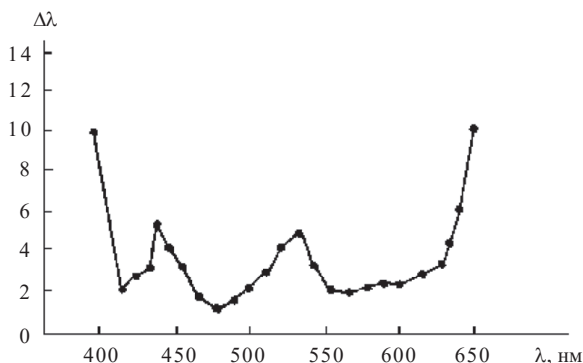


Рис. 10. Кривая дифференциальных порогов цветоразличения:
 по оси абсцисс – длина волны электромагнитных колебаний
 в диапазоне видимого света; по оси ординат – величина разностного
 (дифференциального) порога различения близких между собой длин волн:
 λ – длина электромагнитных колебаний в нанометрах;
 $\Delta\lambda$ – порог различения оттенков цвета [6, с. 77]

Аналогично, исследование абсолютных и дифференциальных порогов дает ценную информацию о нарушениях других видов чувствительности: кожной (рассеянный склероз, синингомиелия, травматические поражения чувствительных нервов), кинестетической (паралич Броун-Секара), вкусовой (агустия, или вкусовая анестезия), обонятельной (аносмия) и др.

Возрастной аспект исследования порогов чувствительности состоит в том, что пороги (как абсолютные, так и дифференциальные) у детей, как правило, выше, нежели у взрослых. Причина этого в недостаточной зрелости анализаторов, особенно их центральных отделов. Исследования такого плана позволяют еще в детском возрасте диагностировать те или иные нарушения сенсорно-перцептивных процессов, задержку психического развития и т. п.

Наконец, исследование порогов чувствительности часто используется в целях профотбора на те профессии, которые предъявляют повышенные требования к органам чувств. Так, люди с низкими порогами (а индивидуальные различия как абсолютной, так и дифференциальной чувствительности достаточно велики) предпочтительны в роли машинистов, летчиков, спасателей и др. — одним словом, там, где требуется очень точно обнаруживать (визуально или аудиально) слабые сигналы. Люди с низкими порогами вкусовой чувствительности могут быть потенциальными дегустаторами в пищевой промышленности, с высокой различительной способностью запахов — экспертами в парфюмерном деле и т. д. В то же время для некоторых профессий предпочтительны люди с пониженной чувствительностью: так, субъекты с низким вестибулярным порогом вряд ли годятся в летчики или космонавты.

Психофизическое шкалирование

Многообразие существующих на сегодняшний день методов психофизического шкалирования позволяет использовать их не только для изучения сенсорно-перцептивных процессов, но и возможностей оперативной и кратковременной памяти, концентрации, объема и переключаемости внимания, а также в других аспектах изучения психической деятельности.

Большое значение имеет использование методов шкалирования в детской практике, поскольку позволяет получать ценную информацию о возрастной динамике развития и становления психических процессов. Достаточно сказать, что дети с задержкой психического развития (ЗПР), как правило, отстают от своих нормально развивающихся сверстников по многим психофизическим показателям на 1–2 года.

Поскольку более десяти лет сотрудники нашей психофизической лаборатории посвятили изучению именно возрастных аспектов психофизического шкалирования, то в основном мы будем ссылаться на результаты именно этих исследований.

Можно ли с помощью методов шкалирования проследить возрастную динамику *восприятия времени*? Несомненно. Такой цикл исследований был проведен профессором О. Е. Сурниной в 1990-е гг., причем самыми младшими испытуемыми в этих экспериментах были дети в возрасте 2,5–3 лет. На первый взгляд, может показаться, что ребенок в этом возрасте вряд ли может адекватно различать и тем более оценивать различные промежутки времени. Ведь у детей такого возраста временные ориентиры совершенно не те, что у взрослого: «день – ночь», «зима – лето», в лучшем случае «завтрак – обед – ужин». Что же касается метрических единиц отсчета времени (час, минута, секунда), то они становятся доступными лишь в старшем дошкольном и младшем школьном возрасте. Неудивительно, что даже дети более старшего возраста могут путать понятия «вчера» и «завтра».

Тем не менее в этих исследованиях были получены достаточно интересные результаты. Мы использовали метод кросс-модального подбора, заключающегося в том, что детям предлагалось подбирать длину линий в соответствии с длительностью предъявляемого им временного интервала. Инструкция для испытуемых разрабатывалась специалистом-педагогом и была понятна даже трехлетним детям. Использовался секундомер-«трещотка», который имитировал работу трактора. Детям объяснялось, что трактор «асфальтирует дорожки» и чем дольше он будет трещать, тем длиннее эта дорожка окажется. Интервалы времени длительностью

от 1 до 10 секунд предъявлялись с помощью секундомера («трактора»), а линии ребенок рисовал на большом листе бумаги. Оказалось, что дети прекрасно справляются с поставленной задачей, а именно, хорошо различают и оценивают предъявляемые длительности. Отличие же от взрослых состояло в том, что диапазон длин подбираемых детьми линий значительно уже, а следовательно, ниже и вычисляемый показатель степени функции Стивенса.

Детям 5–6 лет нравилась игра в космонавтов. Задача на этот раз состояла в том, что с Земли время от времени поступали сигналы (звуковые стимулы разной длительности). Ребенок-«космонавт» должен был подать на Землю сигнал той же длительности (иначе на Земле его не услышат). Напомним, что в этот раз использовался метод воспроизведения длительности.

Старшие дошкольники хорошо справляются с задачей идентификации стимула: в этом случае необходимо было отыскать среди десятка кубиков одинакового размера «стандарт» – кубик определенного веса.

Значительные ограничения для детей существуют в использовании метода численной оценки. Это говорит о том, что адекватные представления о численном ряде и о численных соотношениях недостаточно развиты, и этот метод можно применять, только начиная с 3–4-го класса.

Вполне возможно использование методов шкалирования и для диагностики некоторых нервно-психических заболеваний (о диагностике ЗПР уже упоминалось). Было показано, в частности, что у больных шизофренией отсутствуют некоторые закономерности, характерные для здоровых испытуемых. Так, у больных не наблюдается «эффект запаздывания» при оценке стимулов возрастающей и убывающей интенсивности. Если, например, в опыте предъявлять звуковые сигналы возрастающей громкости и в определенный момент времени (непредсказуемый для испытуемого) сменить порядок следования на убывающий, то здоровый испытуемый обычно «запаздывает» с убыванием оценок. У больных шизофренией этот эффект, как правило, не выражен или вообще отсутствует, что свидетельствует о нарушении установки на восприятие, антиципации будущих сигналов.

В прикладных исследованиях вкуса и обоняния достаточно часто используются так называемые «гедонические» шкалы, которые отражают степень приятности или неприятности данного вкусового вещества или одоранта, что имеет немаловажное значение для пищевой, кондитерской и парфюмерной промышленности (особенно если речь идет об экспертной оценке, даваемой профессионалами).

Психофизические модели

Методы психофизического моделирования используются в прикладных аспектах значительно реже, чем пороговые измерения и методы конструирования психофизических шкал. Тем не менее попытаемся рассмотреть некоторые аспекты их практического применения.

Так, в работах Е. Н. Соколова и Ч. А. Измайлова предложенная ими сферическая модель цветового зрения была успешно использована для диагностики различных форм дальтонизма.

Как уже отмечалось, американские исследователи (Менцелл, Оствальд и др.) также разрабатывали свои модели цветового зрения для чисто практических нужд (дизайн, международная стандартизация цвета и др.).

В лаборатории *Московица* (Соединенные Штаты Америки) закономерности вкусового ощущения заинтересовали производителей в плане использования сладких эрзац-ингредиентов, заменяющих сахар. Это имеет немаловажное значение как для больных, страдающих диабетом, так и (в перспективе) для государственной торговли в критических ситуациях (известно, например, что маргарин был «изобретен» как суррогат животного масла во времена наполеоновских войн).

Работы *Эймура* в области классификации запахов были, в частности, востребованы военным ведомством США (Пентагон) для разработки аппаратурных методов обнаружения токсических (в частности, боевых отравляющих веществ) в атмосфере и т. д.

Необходимо отметить, что психофизическое моделирование успешно используется для изучения не только сенсорно-перцептивных процессов (ощущения и восприятия), но и для описания других

психических явлений, процессов и состояний. Так, известны графические модели, описывающие закономерности организации кратковременной и долговременной памяти – в частности, работы *Германа Эббингауза* и его последователей: «эффект ряда», «эффект выделения», «кривая забывания» (*Йост*), закон «магического числа 7 ± 2 » (*Миллер*) и др.

Со времен *Вильгельма Вундта* неоднократно предпринимались попытки моделирования психоэмоциональной сферы. Сам Вундт предложил описание «эмоционального пространства» в трехмерных координатах: 1) шкала x – «удовольствие – неудовольствие»; 2) шкала y – «расслабление – напряжение»; 3) шкала z – «успокоение – возбуждение». Однако с самого начала эта модель вызвала сомнение в том плане, являются ли шкалы «расслабление – напряжение» и «успокоение – возбуждение» независимыми друг от друга. В связи с этим последователями Вундта (*Вудвортс*, *Шлоссберг*, *Осгуд*, *Экман* и др.) [7] были предложены другие (в частности, двумерные) модели эмоций, на которых мы останавливаться не будем, поскольку это выходит за рамки нашего исследования (данные модели имеют отношение не столько к психофизике, сколько к области психологии и психофизиологии эмоций).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализируя развитие психофизики как науки в нашей стране, приходится искренне сожалеть, что эта область психологии в советское время, начиная с 1920-х гг., «традиционно» недооценивалась. Возможно, что основной причиной были идеалистические взгляды основателя психофизики Г. Т. Фехнера (вспомним хотя бы его рассуждения о «количественных отношениях между телом и душой»). С точки зрения «воинствующего материализма», поскольку души как таковой не существует, то и наука подобного рода не имеет права на существование. По крайней мере, один из ведущих российских психофизиков начала XX столетия *Георгий Иванович Челпанов* (кстати, большой друг И. П. Павлова) в середине 1920-х гг. был обвинен «во всех смертных грехах» (идеализме, антимарксизме и пр.) и был смещен с поста директора московского института психологии. Его место заняли люди, более лояльно относившиеся к существующей системе.

Нельзя сказать, что в советское время психофизика находилась под запретом. Естественно, что исследования в этом направлении продолжались, но, как правило, под другими «вывесками» – биофизики, сенсорной физиологии и т. п. Тем не менее значительный вклад в развитие психофизики внесла блестящая плеяда отечественных ученых – московских (П. П. Лазарев, С. В. Кравков, А. И. Бронштейн) и ленинградских исследователей (П. О. Макаров, С. Н. Гольдбурт, В. Д. Глезер и др.).

Так, известный отечественный психофизик *П. П. Лазарев* еще в 1920-е гг. (помимо его других научных открытий) предложил теорию вкусовой чувствительности, основанную на ионно-молекулярных механизмах взаимодействия химических веществ со вкусовыми рецепторами, которая по меньшей мере на три десятилетия опередила аналогичные зарубежные концепции (в частности, теорию Бейдлера).

С. В. Кравков оставил после себя солидную монографию «Цветовое зрение», которая до сих пор восторгает читателя своим феноменологическим материалом. Кроме того, Кравковым плодотворно развивалась теория взаимодействия органов чувств, основы которой были заложены в середине XIX в. И. М. Сеченовым.

Монография *А. И. Бронштейна* «Вкус и обоняние» вполне может претендовать на исчерпывающее изложение вопроса применительно к данным сенсорным модальностям на уровне середины XX столетия. В этом плане ее вполне можно сравнить с трудами Г. Гельмгольца по зрительному и слуховому восприятию, написанными столетием раньше.

Ленинградский ученый *П. О. Макаров*, долгое время возглавлявший лабораторию биофизики ЛГУ, известен своими трудами по биофизике и психофизике работы зрительного анализатора.

С. Н. Гольдбурт в своих работах и, в частности, в докторской диссертации детально исследовала механизмы и закономерности взаимодействия звуковых сигналов и, наряду с работами физиологов (*Я. А. Альтман, И. А. Вартамян, Г. А. Куликов* и др.), внесла существенный вклад в становление такого направления психофизики, как психоакустика.

В. Д. Глезер, многие годы возглавлявший лабораторию физиологии зрения Института физиологии им. И. П. Павлова, начиная с середины XX столетия является признанным авторитетом в области нейрофизиологии и психофизики опознания зрительных образов.

Тем не менее первая в нашей стране лаборатория психофизики была создана только в 1972 г. на базе Института психологии Академии наук СССР. На начальном этапе работы этой лаборатории заслуживают внимания исследования представителей нового поколения московских психологов (*К. В. Бардин, Ю. М. Забродин, А. Н. Лебедев* и др.). К большому сожалению, лаборатория психофизики ИПАН просуществовала лишь немногим более двадцати лет, и в перестроечный период 1990-х гг. психофизические исследования были сведены к минимуму.

В середине 1970-х гг. начинаются психофизические исследования на биологическом факультете Уральского госуниверситета,

а позднее – на факультете психологии УрГУ (*В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина, А. В. Зайцев*, а также их многочисленные студенты и аспиранты). Однако по ряду организационных и финансовых причин и эти исследования пришлось практически свернуть.

Тем не менее, несмотря на значительные трудности развития психофизики в России, она достаточно эффективно развивается благодаря плеяде московских ученых (*В. Н. Носуленко, И. Г. Скотникова* и др.), остающихся верными классическим традициям этой науки.

Таким образом, можно констатировать, что хотя в начале XXI столетия отечественная психофизика находится не в самом лучшем состоянии, надежды на ее дальнейшее продолжение и развитие, несомненно, остаются.

Во многих зарубежных странах (в первую очередь Соединенные Штаты Америки и страны Западной Европы) интерес к психофизике как науке отнюдь не снижается, хотя отмечается некоторый крен в сторону разработки ее прикладных аспектов. В этом плане необходимо учитывать веяние времени, характерное в данный момент не только для России, но и для всего цивилизованного мира.

В заключение хотелось бы сказать следующее: мы искренне надеемся, что в нашей стране не переведутся энтузиасты, которые в будущем скажут свое авторитетное слово в одной из интереснейших, на наш взгляд, областей психологии.

СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

1. *Лупандин В. И.* Общая психология (сенсорно-перцептивные процессы) : учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2003. 180 с.
2. *Нуркова В. В., Березанская Н. Б.* Общая психология : учебник для вузов. М. : Изд-во «Юрайт», 2016. 524 с.
3. *Ярошевский М. Г.* История психологии. М. : Мысль, 1985. 575 с.
4. *Веккер Л. М.* Психика и реальность. М. : Смысл, 1998. 685 с.
5. *Милнер П.* Физиологическая психология. М. : Изд-во «Мир», 1973. 643 с.
6. *Лупандин В. И., Сурнина О. Е.* Психофизика. 2-е изд. Екатеринбург : Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т, 2008. 100 с.
7. *Бардин К. В.* Проблема порогов чувствительности и психофизические методы. М. : Наука, 1976. 396 с.
8. *Петровский А. В., Ярошевский М. Г.* История и теория психологии. Ростов н/Д : Изд-во «Феникс», 1996. Т. 1. 416 с.
9. *Шиффман Х. Р.* Ощущение и восприятие. СПб. : Питер, 2003. 928 с.
10. *Гиппенрейтер Ю. Б.* Введение в общую психологию. М. : «ЧеРо», при участии изд-ва «Юрайт», 2002. 336 с.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

У ч е б н и к и

Данилова Н. Н. Психофизиология / Н. Н. Данилова. М. : Аспект-Пресс, 2000.

Ломтатидзе О. В. Общая психология: сенсорно-перцептивные процессы : практикум / О. В. Ломтатидзе, А. С. Алексеева. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. 76 с.

Лупандин В. И. Общая психология (сенсорно-перцептивные процессы) : учеб. пособие / В. И. Лупандин. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2003.

Лупандин В. И. Основы сенсорной физиологии / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. 1-е изд. Екатеринбург : УрГУ, 1994; 2-е изд. Екатеринбург : УрГУ : УрГПУ, 2001; 3-е изд. Екатеринбург : УрГИ, 2004; 4-е изд. М. : Сфера, 2006.

Лупандин В. И. Психофизика / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. 1-е изд. Екатеринбург : УрГУ, 1997; 2-е изд. Екатеринбург : Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008.

Лупандин В. И. Психофизическое шкалирование / В. И. Лупандин. Свердловск : УрГУ, 1989.

Лупандин В. И. Субъективные шкалы пространства и времени / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Свердловск : Изд-во Урал. ун-та, 1991.

Основы психофизиологии / под ред. Ю. И. Александрова. М. : ИНФРА-М, 1998.

Янович С. В. Учебно-методический комплекс дисциплины «Биофизические методы исследования в физиологии. Психофизика и электрокардиография» [Электронный ресурс] / С. В. Янович ; Федер. агентство по образованию, Урал. гос. ун-т им. А. М. Горького, ИОНЦ «Физика в биологии и медицине» [и др.]. Екатеринбург : [б. и.], 2008. URL: <http://hdl.handle.net/10995/1560> (дата обращения: 19.04.2019).

И с с л е д о в а н и я

Булатова М. Е. Восприятие размера индивидуальных объектов в ансамблях при сфокусированном и распределенном внимании / М. Е. Булатова, И. С. Уточкин // Психология. Журн. Высш. школы экономики. 2013. Т. 10. № 3. С. 44–53.

Зайцев А. В. Время реакции в теоретических и прикладных исследованиях / А. В. Зайцев, В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина // Психол. вестн. Урал. гос. ун-та. Вып. 3. Екатеринбург : Банк культурной информации, 2002. С. 3–20.

Ратанова Т. А. Субъективное шкалирование и объективные физиологические реакции человека / Т. А. Ратанова. М. : Педагогика, 1990. 216 с.

Уточкин И. С. «Мертвая зона» внимания при восприятии изменений в зрительных сценах / И. С. Уточкин // Вопр. психологии. 2011. № 5. С. 111–120.

Фаликман М. В. Парадоксы зрительного внимания: эффекты перцептивных задач / М. В. Фаликман. М. : Изд. дом «Языки славянской культуры», 2018. 264 с.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

1. Темы и разделы курса, их краткое содержание

Введение в психологию сенсорно-перцептивных процессов

Роль ощущений и восприятия в психической деятельности человека. Ощущение: определение ощущения, классификации ощущений, свойства ощущений. Восприятие: определение восприятия, виды восприятия, свойства восприятия. Понятие об апперцепции.

Раздел 1 История развития представлений об ощущении и восприятии

Представления об ощущении и восприятии в древнеиндийской философии. Учение о двух формах восприятия (нирвикалпа и савикалпа).

Истоки психофизической проблемы в философии Демокрита и Аристотеля. Учение о «качествах вещей» Дж. Локка. Позиция представителей агностицизма (Дж. Беркли, И. Кант, Д. Юм). Трактовки ощущения и восприятия с позиций структурализма и функционализма.

Начало экспериментального этапа в изучении ощущений и восприятия (Ньютон, Бугер, Вебер, Фехнер, Юнг, Вундт и др.). Теория «специфических энергий» И. Мюллера и «теория иероглифов» Г. Гельмгольца.

Трактовка восприятия в гештальт-психологии. Законы и принципы гештальта. Понятие о психофизическом изоморфизме.

Современные теории и концепции в психологии чувственного познания: учение об анализаторе И. П. Павлова, концепция А. А. Ухтомского, теория двух каналов переработки информации А. М. Иваницкого, векторная модель Е. Н. Соколова, экологический подход к проблеме восприятия Дж. Гибсона.

Раздел 2

Сенсорные раздражители и сенсорная информация.

Понятие о сенсорных системах

Понятие о сенсорных раздражителях (сенсорных стимулах). Классификации раздражителей.

Понятие об информации и, в частности, о сенсорной информации. Информативность раздражителя, ее зависимость от свойств стимула и внутреннего состояния организма.

Понятие о сенсорных системах. Основные принципы организации сенсорных систем (многоэтажность, многоканальность, дивергенция и конвергенция, принцип обратной связи, принцип двусторонней симметрии). Соотношение симметрии и асимметрии в работе больших полушарий.

Основные этапы переработки сенсорной информации. Понятие о кодировании, передаче, преобразовании и декодировании информации.

Раздел 3

Проблема порогов чувствительности и методы пороговых измерений

Понятие об абсолютном пороге чувствительности: классические и современные представления. Методы измерения абсолютного порога (метод минимальных изменений, метод постоянных раздражителей, метод средней ошибки).

Понятие о разностных (дифференциальных) порогах: классические и современные представления. Особенности использования пороговых методов применительно к измерению дифференциальных порогов.

Теоретические и прикладные аспекты пороговых измерений.

Правило Бутера – Вебера и основной психофизический закон Фехнера.

Раздел 4

Психофизическое шкалирование

Понятие о шкалах измерений. Типы измерительных шкал. Особенности психофизических шкал.

Методы психофизического шкалирования (воспроизведение, идентификация, интервальные методы, группировка, методы оценки, установки, кросс-модального подбора, фракционирования и мультипликации). Особенности методов многомерного и неметрического шкалирования.

Теоретические и прикладные аспекты конструирования психофизических шкал.

Психофизический закон Стивенса и его психологическая интерпретация. Соотношение логарифмического закона Фехнера и степенного закона Стивенса.

Эффекты и феномены психофизического шкалирования, их прогностическое значение в плане изучения закономерностей сенсорно-перцептивных процессов.

Раздел 5

Психологические закономерности разных форм восприятия

Зрение

Основные физические характеристики света (сила света, световой поток, яркость и освещенность). Хроматический и ахроматический свет.

Световая чувствительность. Абсолютные пороги световой чувствительности, законы пространственной и временной суммации. Дифференциальная световая чувствительность: правило Вебера и поправка Брока – Гельмгольца. Субъективная оценка яркости света: закон Стивенса и причины отклонений от степенной функции. Кривая темновой адаптации и ее значение в клинических исследованиях. Нарушения световой чувствительности и принципы их диагностики.

Цветовое зрение. Основные характеристики цвета (цветовой тон, насыщенность, светлота) и их физические аналоги. Теории цветового зрения: трехкомпонентная теория Ломоносова – Юнга – Гельмгольца и теория оппонентных цветов Геринга. Феномены смешения цвета. Врожденные нарушения цветового зрения, формы дальтонизма. Приобретенные формы цветоаномалий.

Зрительное пространственное восприятие. Острота зрения: общие понятия, методы измерений, формы нарушений остроты зрения и пути их коррекции. Поле зрения: общие понятия, методы измерения поля зрения, формы нарушений и их диагностическое значение. Зрительное восприятие формы, размера и удаленности объектов.

Зрительное восприятие движения. Восприятие направления и скорости движения объектов. Автокинетический и стробоскопический эффекты. Движения глаз и их роль в зрении.

Зрительные иллюзии, их разновидности и происхождение.

Слух

Основные характеристики звука (интенсивность, звуковое давление, УЗД, частота звуковых колебаний и др.) и их субъективные аналоги. Понятие о простых и сложномодулированных звуковых сигналах.

Методы исследования абсолютных порогов слуховой чувствительности. Диагностические пробы Рине и Вебера. Причины тугоухости. Частотно-пороговые кривые, кривая неприятных ощущений и «субъективное слуховое пространство». Субъективная оценка громкости звука. Феномен октавы и модель Шепарда. Нарушения тонального слуха.

Восприятие локализации неподвижного и движущегося источника звука. Эффект Доплера.

Восприятие речи

Основные сведения из области психоакустики. Речь как сложномодулированный звуковой сигнал. Понятие о формантах и формантном анализе речи. Основы речеобразования. Роль грудной клетки, голосовых связок и верхних дыхательных путей в речеобразовании.

Развитие речи и речепонимания в детском возрасте.

Некоторые клинические аспекты восприятия речи.

Кожная чувствительность

Особенности кожной чувствительности в сравнении с другими анализаторами. Теории кожной чувствительности.

Тактильная чувствительность. Методы исследования абсолютных порогов. Субъективная оценка прикосновения и давления. Пространственные пороги тактильной чувствительности, метод эстезиометрии.

Температурная чувствительность. Методы измерения температурной чувствительности. Понятие о физиологическом температурном нуле. Пороги различения тепла и холода: основные закономерности. Тепловая и холодовая адаптация, опыт Вебера и парадоксальные ощущения тепла и холода.

Болевая чувствительность. Феномен «двойной боли» и его происхождение. Фантомные боли. Нарушения температурной и болевой чувствительности и основные принципы их диагностики.

Кинестетическая чувствительность (чувство кинестезии)

Восприятие тяжести груза. Правило Вебера и закон Стивенса для восприятия тяжести. Иллюзия Шарпантье.

Восприятие собственного мышечного усилия: основные закономерности.

Пространственная кинестезия. Метод кинематометрии и его использование для диагностики нарушений.

Вестибулярная чувствительность

Методы исследования вестибулярной чувствительности.

Профессиональный аспект исследования вестибулярной системы. Возможность тренировки вестибулярного аппарата.

Клинические аспекты исследования вестибулярной системы. Синдром Меньера. Методы диагностики вестибулярных нарушений.

Вкусовая чувствительность

Абсолютный и дифференциальный пороги вкусовой чувствительности, методы их измерения. Одноименная и перекрестная вкусовая адаптация. Вкусовой контраст. Особенности субъективной оценки интенсивности вкусовых раздражителей. Относительность закона Стивенса для вкусового восприятия. Гедонистические шкалы вкуса.

Проблема вкусовых качеств. Классификации вкусовых качеств (Аристотель, Линней, Ломоносов, Шеврель и др.). Психофизическая модель Хеннинга для вкусового восприятия и ее экспериментальное подтверждение.

Нарушения вкусовой чувствительности и их причины.

Обоняние

Обонятельная чувствительность и ее особенности. Назначение обоняния.

Абсолютные и дифференциальные пороги обонятельной чувствительности. Одноименная и перекрестная (гетерогенная) адаптация к запаху. Особенности субъективной оценки интенсивности и качества запахов. Феномены смешения запахов.

Основные принципы классификации запахов. Классификация Зваардемекера, система Крокера – Хендерсона, модель Хеннинга и стереохимическая теория Эймура.

Нарушения обоняния и их виды. Понятие об истинной и ложной аносмии. Паросмии и их причины.

Висцеральная чувствительность

Особенности висцеральной чувствительности. Типы интерорецепторов.

Значение системы висцеральной чувствительности для психологии. Проблема висцеральных болей, основные принципы рефлексотерапии и гипнотерапии. Случаи прогнозирования внутренних заболеваний в сновидениях.

2. Темы семинарских занятий

I. История развития представлений об ощущении и восприятии

(2 часа)

1. Общее представление об ощущении и восприятии (характеристика, свойства).

2. Психофизическая проблема и пути ее решения с античных времен до наших дней.

Литература

Веккер Л. М. Психика и реальность / Л. М. Веккер. М. : Смысл, 1998.

Гиппенрейтер Ю. Б. Введение в общую психологию / Ю. Б. Гиппенрейтер. М. : ЧеРо, 1998.

Немов Р. С. Психология / Р. С. Немов. М. : Просвещение, 1995. Т. 1.

Хрестоматия по ощущению и восприятию. М. : Изд-во МГУ, 1975.

Ярошевский М. Г. История психологии / М. Г. Ярошевский. М. : Мысль, 1985 (и другие издания).

II. История развития представлений об ощущении и восприятии (продолжение)

(2 часа)

1. Основные положения гештальт-теории.

2. Законы и принципы гештальта.

3. Современные теории и концепции восприятия.

Литература

Ждан А. Н. История психологии: от античности до наших дней / А. Н. Ждан. М., 1990.

Немов Р. С. Психология / Р. С. Немов. М. : Просвещение, 1995. Т. 1.

Хрестоматия по ощущению и восприятию. М. : Изд-во МГУ, 1975.

Ярошевский М. Г. История психологии / М. Г. Ярошевский. М. : Мысль, 1985 (и другие издания).

III. Проблема порогов чувствительности

(2 часа)

1. Сущность проблемы субъективного измерения.

2. Понятие об абсолютных и дифференциальных порогах.

3. Методы измерения порогов чувствительности.

Литература

Бардин К. В. Проблема порогов чувствительности и психофизические методы / К. В. Бардин. М. : Наука, 1976.

Лупандин В. И. Психофизика / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1997.

Хрестоматия по ощущению и восприятию. М. : Изд-во МГУ, 1975.

IV. Психофизические шкалы

(2 часа)

1. Понятие о шкалах измерений. Типы измерительных шкал. Особенности психофизических шкал.

2. Методы психофизического шкалирования.

Литература

Лупандин В. И. Психофизическое шкалирование / В. И. Лупандин. Свердловск : УрГУ, 1989.

Лупандин В. И. Психофизика / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1997.

Стивенс С. С. Математика, измерение и психофизика / С. С. Стивенс // Экспериментальная психология / под ред. С. Стивенса. М. : Иностран. лит., 1960. Т. 1.

Хрестоматия по ощущению и восприятию. М. : Изд-во МГУ, 1975.

Stevens S. S. Psychophysics / S. S. Stevens. N. Y., 1975.

V. Психофизические шкалы (продолжение)

(2 часа)

1. Правило Бугера – Вебера и закон Фехнера.

2. Закон Стивенса и его психологическая интерпретация.

3. Современные трактовки «основного психофизического закона».

4. Эффекты и феномены психофизического шкалирования.

Литература

Бардин К. В. Психофизика и пороговая проблема / К. В. Бардин // Психол. журн. 1992. Т. 13. № 2.

Лупандин В. И. Психофизическое шкалирование / В. И. Лупандин. Свердловск : УрГУ, 1989.

Лупандин В. И. Психофизика / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1997.

Ратанова Т. А. Субъективное шкалирование и объективные физиологические реакции человека / Т. А. Ратанова. М. : Педагогика, 1990.

VI. Зрительное восприятие

(2 часа)

1. Световая чувствительность.
2. Адаптация.
3. Цветовое зрение. Теории, модели и феномены цветового зрения.

Литература

Кравков С. В. Глаз и его работа / С. В. Кравков. М., 1948.

Кравков С. В. Цветовое зрение / С. В. Кравков. М., 1950.

Линдсей П. Переработка информации у человека / П. Линдсей, Д. Норман. М., 1974.

Лупандин В. И. Основы сенсорной физиологии / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1994.

Лупандин В. И. Психофизика / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1997.

Пэдхем Ч. Восприятие света и цвета / Ч. Пэдхем, Дж. Сондерс. М. : Мир, 1978.

Соколов Е. Н. Цветовое зрение / Е. Н. Соколов, Ч. А. Измайлов. М., 1984.

VII. Зрительное восприятие (продолжение)

(2 часа)

1. Острота зрения и поле зрения.
2. Зрительное восприятие формы, размера и удаленности.
3. Зрительное восприятие движения и стробоскопический эффект.
4. Движения глаз и их роль в зрении.
5. Зрительные иллюзии, их классификация и происхождение.

Литература

Кравков С. В. Глаз и его работа / С. В. Кравков. М., 1948.

Лупандин В. И. Основы сенсорной физиологии / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1994.

Лупандин В. И. Психофизика / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1997.

Основы сенсорной физиологии / под ред. Р. Шмидта. М. : Мир, 1984.
Рок И. Введение в зрительное восприятие / И. Рок. М. : Мир, 1980.

VIII. Слуховое восприятие

(2 часа)

1. Восприятие интенсивности звука и его нарушения.
2. Тональный слух.
3. Восприятие пространственной локализации источника звука.

Литература

- Альтман Я. А.* Локализация звука / Я. А. Альтман. Л., 1972.
Альтман Я. А. Локализация движущегося источника звука / Я. А. Альтман. Л., 1983.
Лупандин В. И. Основы сенсорной физиологии / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1994.
Лупандин В. И. Психофизика / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1997.
Основы сенсорной физиологии / под ред. Р. Шмидта. М. : Мир, 1984.

IX. Восприятие речи

(2 часа)

1. Речеобразование и анализ речевых сигналов.
2. Онтогенетические аспекты речеобразования и понимания речи.
3. Нарушения восприятия речи.

Литература

- Данилова Н. Н.* Психофизиология / Н. Н. Данилова. М. : Аспект-Пресс, 2000.
Лупандин В. И. Основы сенсорной физиологии / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1994.

X. Кожная и висцеральная чувствительность

(2 часа)

1. Тактильная, температурная и болевая чувствительность.
2. Висцеральная чувствительность.

Литература

- Лупандин В. И.* Основы сенсорной физиологии / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1994.

Лупандин В. И. Психофизика / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1997.

Основы сенсорной физиологии / под ред. Р. Шмидта. М. : Мир, 1984.

XI. Кинестетическая и вестибулярная чувствительность

(2 часа)

1. Кинестетическая чувствительность.
2. Вестибулярная чувствительность, ее профессиональные и клинические аспекты.

Литература

Лупандин В. И. Основы сенсорной физиологии / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1994.

Лупандин В. И. Психофизика / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1997.

Основы сенсорной физиологии / под ред. Р. Шмидта. М. : Мир, 1984.

XII. Вкусовая и обонятельная чувствительность

(2 часа)

1. Основные характеристики вкусовой чувствительности.
2. Проблема вкусовых качеств.
3. Основные характеристики обоняния.
4. Проблема классификации запахов.
5. Клинические нарушения вкусовой и обонятельной чувствительности.

Литература

Лупандин В. И. Основы сенсорной физиологии / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1994.

Лупандин В. И. Психофизика / В. И. Лупандин, О. Е. Сурнина. Екатеринбург : УрГУ, 1997.

Основы психофизиологии / под ред. Ю. И. Александрова. М. : ИНФРА-М, 1998.

Основы сенсорной физиологии / под ред. Р. Шмидта. М. : Мир, 1984.

3. Темы практических занятий

1. Определение дифференциальных порогов для дискретного множества.
2. Определение дифференциальных порогов для различения длительности звуковых сигналов.
3. Визуальная субъективная оценка некоторых пространственных характеристик.
4. Субъективная оценка тяжести в метрических и относительных единицах.
5. Отмеривание длительности коротких интервалов времени.
6. Исследование феноменов одновременного и последовательного световых и цветовых контрастов.
7. Определение различительных порогов цветового зрения с помощью аномалоскопа.
8. Определение границ полей зрения и функциональной асимметрии глаз с помощью периметра Ферстера.
9. Изучение слепого пятна, знакомство с феноменом заполнения.
10. Знакомство с некоторыми зрительными иллюзиями.
11. Изучение иллюзии тяжести А. Шарпантье.

4. Темы для самостоятельного изучения

Тема 1

Психофизическая проблема и пути ее решения

Психофизическая проблема как проблема соответствия между объективно существующим внешним (физическим) миром и его субъективным отражением.

Позиция Демокрита: «наивно-материалистический» подход к решению проблемы.

Концепция Аристотеля, понятие о двойственной (объективно-субъективной) природе ощущений.

Учение Джона Локка о «качествах вещей».

Агностицизм. Трактровка психофизической проблемы в работах И. Канта и Д. Юма.

Теория «специфических энергий» И. Мюллера, ее экспериментальные доказательства.

«Теория иероглифов (знаков, символов)» Г. Гельмгольца и ее современная интерпретация.

Понятие об изоморфизме (Лейбниц). Психофизический изоморфизм как один из возможных путей решения психофизической проблемы.

Тема 2

Проблема субъективного измерения

Позиция Ньютона. Качественное и количественное описание исследуемых феноменов, их достоинства и недостатки.

Первые попытки количественного описания психических явлений (И. Гербарт).

Психофизика Г. Т. Фехнера. Взгляды Фехнера на возможность измерения ощущений.

Возражения против концепции Фехнера (У. Джеймс).

Компромиссная позиция по поводу измеримости ощущений (Ж. Дельбеф).

Доказательство справедливости взглядов Фехнера. Развитие психофизики как науки в конце XIX – начале XX столетий.

Тема 3

Измерение порогов чувствительности.

Правило Бугера – Вебера

и «основной психофизический закон» Фехнера

Понятие об абсолютных порогах чувствительности. Абсолютный порог как граница между ощущаемым и неощущаемым. Подпороговые и надпороговые раздражители, подпороговая и надпороговая области. Изменение абсолютного порога в зависимости от уровня адаптации. Верхние пороги чувствительности. Современные взгляды на сущность пороговой проблемы.

Понятие о разностных (дифференциальных) порогах чувствительности. Дифференциальный порог как граница между различением и неразличением сигналов. Относительные дифференциальные пороги.

Методы исследования абсолютных и дифференциальных порогов чувствительности:

- а) метод минимальных изменений;
- б) метод констант (метод постоянных раздражителей);
- в) метод средней ошибки.

Прикладные аспекты пороговых исследований:

- а) клиническая диагностика;
- б) возрастная психология и психофизиология;
- в) профессиональный аспект (проблемы профотбора и профориентации);
- г) особенности работы в экстремальных условиях;
- д) проблема экстрасенсорного восприятия.

Правило Бугера – Вебера (правило постоянства относительных дифференциальных порогов). Значения константы Вебера для стимулов разных сенсорных модальностей.

Основной психофизический закон Фехнера как закон логарифмической связи между величиной ощущения и силой раздражения. Возражения против закона Фехнера.

Психологическая интерпретация закона Фехнера. Проблема непрерывности и дискретности ощущений.

Тема 4

Психофизическое шкалирование и закон Стивенса

Понятие о шкалах измерений. Типы измерительных шкал. Особенности психофизических шкал.

Методы психофизического шкалирования:

- а) метод воспроизведения (репродукции) сигнала;
- б) интервальные методы шкалирования;
- в) методы группировки (категориальные методы);
- г) методы оценки величины и оценки отношений;
- д) методы установки (продуцирования) величины и отношений между сигналами;
- е) фракционирование и мультипликация;
- ж) кросс-модальный подбор;
- з) многомерное и неметрическое шкалирование.

Прикладные аспекты использования методов психофизического шкалирования.

Степенной закон Стивенса и его психологическая интерпретация.

Существует ли противоречие между психофизическими законами Фехнера и Стивенса?

Тема 5

Некоторые частные вопросы психологии сенсорно-перцептивных процессов

Зрение

Восприятие света и цвета. Световая чувствительность и ее значение в клинической диагностике.

Цветовосприятие. Теории и модели цветового зрения. Нарушения цветоощущения и формы дальтонизма.

Острота зрения, поле зрения, роль бинокулярного зрения в восприятии трехмерного пространства.

Зрительные иллюзии.

Слух

Исследование порогов слухового восприятия, их прикладное значение в клинической диагностике.

Тональный слух и его особенности.

Тактильная и проприоцептивная (кинестетическая) чувствительность

Значение осязания для чувственного познания окружающего мира. Клинический аспект исследования тактильной и проприоцептивной чувствительности.

Вестибулярная чувствительность

Клинические и профессиональные аспекты.

Вкусовая чувствительность

Основные закономерности работы вкусового анализатора. Проблема вкусовых качеств. Нарушения вкусовой чувствительности.

Обоняние

Назначение обонятельной системы. Феномены смешения запахов. Проблема классификации запахов. Нарушения обоняния.

Висцеральная чувствительность (интерорецепция) и ее особенности.

Вопросы к экзамену

1. Сенсорные раздражители и сенсорная информация.
2. Сущность психофизической проблемы и пути ее решения.
3. Теория «специфических энергий» И. Мюллера и «теория иероглифов» Гельмгольца.
4. Понятие о психофизическом изоморфизме как один из подходов к решению психофизической проблемы.
5. Сенсорные раздражители и сенсорная информация.
6. Понятие об абсолютных порогах чувствительности. Методы измерения абсолютных порогов.
7. Понятие о разностных (дифференциальных) порогах чувствительности. Методы измерения дифференциальных порогов.
8. Правило Бугера – Вебера и основной психофизический закон Стивенса.
9. Понятие о шкалах измерений. Особенности психофизических шкал.
10. Методы психофизического шкалирования.
11. Степенной закон Стивенса и его психологическая интерпретация.

Вопросы для самостоятельной работы студентов

1. Механизмы переработки информации в зрительной сенсорной системе.
2. Переработка информации во вкусовой сенсорной системе.
3. Механизмы переработки информации в слуховой и вестибулярной сенсорных системах.
4. Переработка информации в обонятельной сенсорной системе.
5. Соматическая сенсорная система.

Учебное издание

Ломтатидзе Ольга Валерьевна
Улитко Мария Валерьевна
Лупандин Владимир Иванович

ПСИХОФИЗИКА

Учебно-методическое пособие

Заведующий редакцией *М. А. Овечкина*
Редактор *С. Г. Галинова*
Корректор *С. Г. Галинова*
Компьютерная верстка *Г. Б. Головина*

Подписано в печать 09.09.19. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Цифровая печать.
Уч.-изд. л. 5,1. Усл. печ. л. 5,58. Тираж 40 экз. Заказ 228.

Издательство Уральского университета.
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.
Тел.: +7 (343) 389-94-79, 350-43-28
E-mail: rio.marina.ovechkina@mail.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.
Тел.: +7 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13
Факс +7 (343) 358-93-06
<http://print.urfu.ru>

Для заметок

